

Daniel Hilgemberg

**REDUÇÃO DE VARIAÇÃO DE TONALIDADES E DEFEITOS  
SUPERFICIAIS EM PLACAS CERÂMICAS UTILIZANDO O  
MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS (MASP)**

Dissertação submetida ao Programa de  
Pós-graduação em Engenharia  
Mecânica da Universidade Federal de  
Santa Catarina para a obtenção do  
Grau de Mestre em Engenharia  
Mecânica.

Orientador: Prof. João Carlos  
Espíndola Ferreira, Ph.D.

Florianópolis  
2015

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Hilgemberg, Daniel

Redução de variação de tonalidades e defeitos  
superficiais em placas cerâmicas utilizando o método de  
análise e solução de problemas (MASP) / Daniel Hilgemberg ;  
orientador, João Carlos Espíndola Ferreira - Florianópolis,  
SC, 2015.  
127 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Mecânica.

Inclui referências

1. Engenharia Mecânica. 2. MASP. 3. Qualidade. 4.  
Revestimentos Cerâmicos. 5. Defeitos. I. Ferreira, João  
Carlos Espíndola. II. Universidade Federal de Santa  
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.  
III. Título.

Daniel Hilgemberg

**REDUÇÃO DE VARIAÇÃO DE TONALIDADES E DEFEITOS  
SUPERFICIAIS EM PLACAS CERÂMICAS UTILIZANDO O  
MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS (MASP)**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Mecânica, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

Florianópolis, 20 de Novembro de 2015.

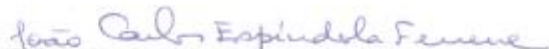


Prof. Armando Albertazzi Gonçalves Jr, Dr.  
Coordenador do Curso



Prof. João Carlos Espíndola Ferreira, Ph. D. – Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

**Banca Examinadora:**



Prof. João Carlos Espíndola Ferreira, Ph.D. – Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Acires Dias, Dr. Eng.  
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Orestes Estevam Alarcon, Dr. Eng.  
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Marcelo Götirana Gomes Ferreira, Dr. Eng.  
Universidade do Estado de Santa Catarina

*Dedico esta obra a meu pai e a minha  
mãe que não mediram esforços  
durante toda a minha vida para me  
propiciar a melhor educação  
independente das dificuldades.*

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar a Deus, pois foi Dele que tudo recebi.

À Universidade Federal de Santa Catarina.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

Ao Prof. João Carlos Espíndola Ferreira, Ph.D., pela paciência e apoio.

À empresa que cedeu o espaço e o tempo de todos os envolvidos.

Aos meus pais, Luci e Oldemar, meu irmão Christian, minha cunhada Vilma, minhas sobrinhas Bianca e Milena, pelos momentos de aconchego, afeto e descontração.

À minha namorada Maiara e toda sua família, pelos momentos de diversão, carinho e consolo nos momentos bons e ruins.

A todos os meus amigos que entenderam as minhas ausências em encontros e promoveram sempre a minha motivação.

*Viva como se fosse morrer amanhã.  
Aprenda como se fosse viver para sempre.*  
(Mahatma Gandhi)

## RESUMO

Em todos os ramos industriais existem inúmeras situações cotidianas que põem em risco a qualidade dos produtos que estão sendo fabricados. Com isso, há necessidade de uma atenção redobrada de diversas áreas da engenharia e produção para prever a ocorrência desses problemas, ou então, caso eles ocorram, deve-se encontrar rapidamente a solução dessas possíveis interferências no processo fabril. Porém, nem sempre as ações aplicadas conseguem atingir efetivamente a causa raiz do problema, pois caso a avaliação dessa interferência no processo produtivo for feita de maneira inadequada e mal planejada, esse problema irá se alongar por um tempo longo, gerando custos desnecessários. Para que seja feita uma melhor análise de potenciais problemas que atinjam o processo fabril será descrito neste trabalho o uso do Método de Análise e Solução de Problemas (MASP) na identificação e resolução de alguns temas relacionados à indústria de revestimentos cerâmicos. Primeiramente será descrito como funciona o método e como ele foi implementado na empresa estudada e, posteriormente, serão apresentados dois estudos de caso aplicados nessa mesma empresa com a utilização do MASP. O primeiro estudo de caso destaca como, aplicando-se o MASP, foi diminuída em 90% a geração de SKUs (*Stock Keeping Units ou Unidade de Manutenção de Estoque*) e tonalidades na produção de um determinado produto. O outro caso estudado refere-se a um tipo de contaminação que retrata um defeito na superfície do revestimento cerâmico, onde se obteve uma redução de 70% deste tipo de contaminante após a aplicação desta metodologia.

**Palavras chave:** Método de Análise e Solução de Problemas - MASP, Qualidade, Revestimentos Cerâmicos, Defeitos.





## ABSTRACT

In all industries, there are countless everyday situations that endanger the quality of products being manufactured and thus, there is need for increased attention from various fields of engineering and production to predict the occurrence of those problems, but if they occur a solution to this potential problem in the production process should be found quickly. However, not always the applied actions can achieve effectively the root cause of the problem, since if the assessment of such problem in the production process is made in an inadequate manner and poorly planned, the problem will remain for a long time, resulting in additional costs. In order to perform a better analysis of potential problems that take place in the production process, in this work using the Method of Problem Analysis and Solving (MASP) will be applied in order to identify and solve some issues related to the ceramic tile industry. Initially it will be described how MASP functions, and its implementation at a company that manufactures ceramic tiles. Then, two case studies will be presented, which were applied at the company using MASP. The first case study highlights how the implementation of MASP contributed to a decrease of 90% in the production of SKUs (Stock Keeping Units), which was related to color tones in the production of a particular product. The second case study refers to a type of contamination that results from a defect on the surface of the ceramic tile, where a reduction of 70% of this type of contamination was achieved after the application of MASP.

**Keywords:** Method of Problem Analysis and Solution – MASP, Quality, Ceramic Tiles, Defects.



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2. 1 FLUXOGRAMA DE UM PROCESSO FABRIL DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS. (FONTE: AUTOR) .....	29
FIGURA 2. 2 INTERIOR DE UM MOINHO DE BOLAS PARA QUATRO DIFERENTES VALORES DA ACELERAÇÃO CENTRÍFUGA (AC). B (ÂNGULO DE CASCATA) É O ÂNGULO FORMADO ENTRE O PLANO DE BOLAS INCLINADAS E O HORIZONTAL. (RIBEIRO E ABRANTES, 2001).....	32
FIGURA 2. 3 SEÇÃO TRANSVERSAL DE AMOSTRAS DE PEÇAS CERÂMICAS COM E SEM MATÉRIA ORGÂNICA EM SEU INTERIOR. (FONTE: AUTOR) .....	35
FIGURA 2. 4 EXEMPLO DA RELAÇÃO 20/80 PROVENIENTE DOS GRÁFICOS DE PARETO (FONTE: MATTOS, 1998) .....	40
FIGURA 2. 5 EXEMPLO DE DIAGRAMA DE PARETO (MENEZES, 2013) .....	41
FIGURA 2. 6 ALGUMAS REGRAS DO BRAINSTORMING (FONTE: MENEZES, 2013).....	43
FIGURA 2. 7 DIAGRAMA DE ISHIKAWA. (FONTE: TERNER, 2008).....	44
FIGURA 2. 8 EXEMPLO DE ANÁLISE DOS 5 PORQUÊS. (FONTE: TERNER, 2008) .....	45
FIGURA 2. 9 EXEMPLO DE UM PLANO DE AÇÃO UTILIZANDO A FERRAMENTA 5W2H (FONTE: MENEZES, 2013) .....	46
FIGURA 2. 10 ETAPAS DO MASP ESTRUTURADAS NA BASE PDCA (FONTE: CAMPO, 1992 E MENEZES, 2013).....	48
FIGURA 2. 11 ETAPAS DO MASP (FONTE: CAMPOS, 1992 E MENEZES, 2013).....	50
FIGURA 2. 12 MODELO DE RELATÓRIO A3 (FONTE: ADAPTADO DE SOBEK E JIMMERSON, 2004 E TERNER, 2008).....	53
FIGURA 3. 1 FORMULÁRIO MASP UTILIZADO NA EMPRESA ESTUDADA (FONTE: EMPRESA) .....	58
FIGURA 3. 2 AMPLIAÇÃO DOS ITENS TEMA, EQUIPE E DESCRIÇÃO DO PROBLEMA DO MASP (FONTE: EMPRESA).....	59
FIGURA 3. 3 AMPLIAÇÃO DO ITEM AÇÕES DE BLOQUEIO DO MASP (FONTE: EMPRESA) .....	61
FIGURA 3. 4 AMPLIAÇÃO DOS ITENS ANÁLISE DA CAUSA E BRAINSTORMING DO MASP (FONTE: EMPRESA).....	62
FIGURA 3. 5 AMPLIAÇÃO DO ITEM DIAGRAMA DE ISHIKAWA DO MASP (FONTE: EMPRESA) .....	63
FIGURA 3. 6 AMPLIAÇÃO DO ITEM ANÁLISE 5 POR QUÊS DO MASP (FONTE: EMPRESA) .....	64
FIGURA 3. 7 AMPLIAÇÃO DO ITEM PLANO DE AÇÃO DO MASP (FONTE: EMPRESA) .....	65

FIGURA 3. 8 AMPLIAÇÃO DO ITEM VERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS, AÇÕES PREVENTIVAS E ENCERRAMENTO DO MASP (FONTE: EMPRESA) .....	66
FIGURA 4. 1 QUANTIDADE DE SKUS AO LONGO DE 2014 EM TODA A EMPRESA ESTUDADA (FONTE: AUTOR) .....	69
FIGURA 4. 2 GERAÇÃO DE SKUS E M <sup>2</sup> /SKU MENSAL DE 2014 EM TODA A EMPRESA. (FONTE: AUTOR).....	70
FIGURA 4. 3 PRODUTOS COM MAIOR GERAÇÃO DE SKUS EM 2014. (FONTE: AUTOR).....	71
FIGURA 4. 4 PRODUTO DA FAMÍLIA MÁRMORE BIANCO 60X60 DURANTE O 1º SEMESTRE DE 2014. (FONTE: AUTOR) .....	72
FIGURA 4. 5 APRESENTAÇÃO DO TEMA, EQUIPE DE TRABALHO E DESCRIÇÃO DO PROBLEMA DO ESTUDO DE CASO DO CAPÍTULO 4. (FONTE: AUTOR) .....	73
FIGURA 4. 6 AÇÕES DE BLOQUEIO DO ESTUDO DE CASO DO CAPÍTULO 4. (FONTE: AUTOR) .....	74
FIGURA 4. 7 ANÁLISE DA CAUSA E BRAINSTORMING DO ESTUDO DE CASO DO CAPÍTULO 4 (FONTE: AUTOR).....	75
FIGURA 4. 8 DIAGRAMA DE ISHIKAWA DO ESTUDO DE CASO DO CAPÍTULO 4 (FONTE: AUTOR) .....	79
FIGURA 4. 9 ANÁLISE DOS CINCO PORQUÊS DO ESTUDO DE CASO DO CAPÍTULO 4 (FONTE: AUTOR) .....	81
FIGURA 4. 10 PLANO DE AÇÃO DO ESTUDO DE CASO DO CAPÍTULO 4 (FONTE: AUTOR).....	82
FIGURA 4. 11 EXEMPLO DE RECIPIENTES: (A) VASCA; (B) BALDE; E (C) BOMBONA (FONTE: AUTOR) .....	83
FIGURA 4. 12 VERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS, AÇÕES PREVENTIVAS E ENCERRAMENTO DO ESTUDO DE CASO DO CAPÍTULO 4. (FONTE: AUTOR) .....	87
FIGURA 4. 13 EVOLUÇÃO DA GERAÇÃO DE SKUS DE UM PRODUTO DA FAMÍLIA MÁRMORE BIANCO 60X60 ATÉ MARÇO DE 2015 (FONTE: AUTOR).....	88
FIGURA 4. 14 QUANTIDADE DE SKUS DE JANEIRO DE 2014 A MARÇO DE 2015 (FONTE: AUTOR) .....	88
FIGURA 4. 15 GERAÇÃO DE SKUS E M <sup>2</sup> /SKU MENSAL DE JANEIRO DE 2014 A MARÇO DE 2015 (FONTE: AUTOR) .....	89
FIGURA 5. 1 EXEMPLO DE UMA CONTAMINAÇÃO PRESENTE NOS REVESTIMENTOS CERÂMICOS. (A) VISTA SUPERIOR DO DEFEITO; (B) SEÇÃO TRANSVERSAL DO DEFEITO COM AUMENTO DE 25X (FONTE: AUTOR).....	91
FIGURA 5. 2 % DE CONTAMINAÇÃO DE JANEIRO A JULHO DE 2014 (FONTE: AUTOR).....	92

FIGURA 5. 3 TEMA, EQUIPE E DESCRIÇÃO DO PROBLEMA DO ESTUDO DE CASO DO CAPÍTULO 5 (FONTE: AUTOR) .....	93
FIGURA 5. 4 AÇÕES DE BLOQUEIO DO ESTUDO DE CASO DO CAPÍTULO 5 (FONTE: AUTOR) .....	94
FIGURA 5. 5 ANÁLISE DE CAUSA E BRAINSTORMING DO ESTUDO DE CASO DO CAPÍTULO 5 (FONTE: AUTOR) .....	96
FIGURA 5. 6 DIAGRAMA DE ISHIKAWA DO ESTUDO DE CASO DO CAPÍTULO 5 (FONTE: AUTOR) .....	101
FIGURA 5. 7 ANÁLISE DOS CINCO PORQUÊS DO ESTUDO DE CASO DO CAPÍTULO 5 (FONTE: AUTOR).....	103
FIGURA 5. 8 PLANO DE AÇÃO DO ESTUDO DE CASO DO CAPÍTULO 5 (FONTE: AUTOR).....	106
FIGURA 5. 9 ANÁLISE DO DEFEITO NO MICROSCÓPIO ÓPTICO. (A) VISTA SUPERIOR DA AMOSTRA COM 25,6X DE AUMENTO. (B) CORTE TRANSVERSAL DA AMOSTRA COM 25,6X DE AUMENTO (FONTE: AUTOR).....	107
FIGURA 5. 10 MICROGRAFIA DA AMOSTRA COM DEFEITO OBTIDA POR MEV COM 35X DE AUMENTO (FONTE: AUTOR) .....	108
FIGURA 5. 11 MICROGRAFIA DA AMOSTRA COM DEFEITO PARA ANÁLISE QUÍMICA PONTUAL DO DEFEITO (FONTE: AUTOR).....	108
FIGURA 5. 12 GRÁFICOS DE ANÁLISE QUÍMICA PONTUAL DO DEFEITO. PONTOS 1, 2 E 4 LOCALIZAM-SE NO INTERIOR DO DEFEITO, ENQUANTO O PONTO 3 LOCALIZA-SE EXTERNAMENTE AO DEFEITO (FONTE: AUTOR).....	109
FIGURA 5. 13 DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS MOINHOS MMC X MTD (FONTE: AUTOR).....	111
FIGURA 5. 14 ANÁLISE DA MATÉRIA-PRIMA BENTONITA: (A) POSSÍVEL MATERIAL CONTAMINANTE PRESENTE NA BENTONITA; (B) AMOSTRA LABORATORIAL SIMULANDO O DEFEITO; (C) ANÁLISE NO MICROSCÓPIO ÓPTICO DA SEÇÃO TRANSVERSAL DA AMOSTRA, AUMENTO DE 32X (FONTE: AUTOR) .....	113
FIGURA 5. 15 ANÁLISE DE MATERIAIS COLETADOS NAS JAZIDAS. (A) BANCADA INTERMEDIÁRIA DE EXTRAÇÃO COM MATERIAL MAIS FRIÁVEL, OU SEJA, DE FÁCIL FRAGMENTAÇÃO; (B) BANCADA SUPERIOR DE EXTRAÇÃO COM ASPECTO DE MADEIRA FOSSILIZADA E; (C) BANCADA DE EXTRAÇÃO COM MATERIAL DURO (FONTE: AUTOR).....	113
FIGURA 5. 16 EXEMPLOS DE AMOSTRAS DO CONTROLE DIÁRIO DE MATÉRIA ORGÂNICA DURANTE TRÊS DIAS: MASSA PADRÃO X MASSA DO TESTE DIÁRIO (FONTE: AUTOR).....	116
FIGURA 5. 17 VERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS, AÇÕES PREVENTIVAS E ENCERRAMENTO DO ESTUDO DE CASO DO CAPÍTULO 5 (FONTE: AUTOR) .....	118

FIGURA 5. 18 PERCENTAGEM DE CONTAMINAÇÃO ACUMULADA DE 2014 (FONTE: AUTOR).....	119
---	-----

**LISTA DE TABELAS**

TABELA 2. 1 DESCRIÇÃO DE CADA “M” PRESENTE NO DIAGRAMA DE ISHIKAWA (FONTE: MENEZES, 2013) .....	44
TABELA 3. 1 GUIA PARA PREENCHIMENTO DO MASP. (FONTE: EMPRESA) .....	68





**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CCQ	Círculos de Controle da Qualidade
CEP	Controle Estatístico do Processo
CQT	Controle da Qualidade Total
CWQC	<i>Companywide Quality Control</i> (Controle da Qualidade Total da Empresa)
JUSE	União Japonesa de Cientistas e Engenheiros
MASP	Método de Análise e Solução de Problemas
MEV	Microscópio Eletrônico de Varredura
MMC	Moinho Modular Contínuo
MTD	Moinho Tubular Descontínuo
PDCA	<i>Plan, Do, Check and Act</i> (Planejar, Fazer, Verificar e Padronizar)
SENAI – SC	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial de Santa Catarina
SKU	<i>Stock Keeping Unit</i> (Unidade de Manutenção de Estoque)
TCP	Tintas serigráficas
TON	Tonalidade
TQC	<i>Total Quality Control</i> (Controle da Qualidade Total)

**LISTA DE SÍMBOLOS**

$A_c$	Aceleração centrífuga
$\beta$	Ângulo de cascata

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>23</b>
<b>1.1</b>	<b>Apresentação do Problema .....</b>	<b>23</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos.....</b>	<b>24</b>
1.2.1	Objetivo Geral .....	24
1.2.2	Objetivos Específicos.....	25
<b>1.3</b>	<b>Contribuições.....</b>	<b>25</b>
<b>1.4</b>	<b>Justificativa do Tema.....</b>	<b>25</b>
<b>1.5</b>	<b>Estrutura do Trabalho .....</b>	<b>26</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>27</b>
<b>2.1</b>	<b>Panorama Atual da Indústria de Revestimentos Cerâmicos .....</b>	<b>27</b>
<b>2.2</b>	<b>Processo Fabril de uma Indústria de Revestimentos Cerâmicos ....</b>	<b>28</b>
2.2.1	Matérias-Primas .....	30
2.2.2	Moagem .....	30
2.2.3	Atomização .....	31
2.2.4	Prensagem .....	32
2.2.5	Secagem .....	33
2.2.6	Esmaltação .....	33
2.2.7	Queima .....	34
2.2.8	Retificação, Polimento e Impermeabilização.....	35
<b>2.3</b>	<b>Gestão de estoques e SKUs numa indústria de revestimentos cerâmicos.....</b>	<b>36</b>
<b>2.4</b>	<b>Introdução à qualidade .....</b>	<b>37</b>
2.4.1	História da qualidade .....	37
2.4.2	Definições de Qualidade .....	38
2.4.3	Ferramentas da Qualidade.....	39
2.4.3.1	Diagrama de Pareto .....	39

2.4.3.2	Brainstorming .....	41
2.4.3.3	Diagrama de Ishikawa .....	43
2.4.3.4	Análise dos Cinco Porquês .....	45
2.4.3.5	5W2H .....	45
2.4.4	Análise e Solução de Problemas.....	46
2.4.4.1	MASP .....	47
2.4.4.2	Relatório A3 .....	52
2.4.4.3	Oito Disciplinas .....	55
<b>2.5</b>	<b>Conclusões e Comentários .....</b>	<b>56</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA ABORDADA NO ESTUDO.....</b>	<b>57</b>
<b>3.1</b>	<b>Método de Análise e Solução de Problemas (MASP).....</b>	<b>57</b>
3.1.1	Tema.....	58
3.1.2	Equipe .....	60
3.1.3	Descrição do Problema .....	60
3.1.4	Ações de Bloqueio.....	61
3.1.5	Análise da Causa.....	61
3.1.5.1	Brainstorming .....	62
3.1.5.2	Diagrama de Ishikawa.....	62
3.1.5.3	Análise dos 5 Porquês.....	63
3.1.6	Plano de Ação.....	64
3.1.7	Verificação de Resultados .....	65
3.1.8	Ações Preventivas .....	66
3.1.9	Encerramento.....	66
<b>3.2</b>	<b>Equipamentos utilizados.....</b>	<b>67</b>
<b>4</b>	<b>ESTUDO DE CASO 1 – MINIMIZAR A VARIAÇÃO DE TONALIDADES E SKUS EM UMA LINHA DE PRODUTOS.....</b>	<b>69</b>
<b>5</b>	<b>ESTUDO DE CASO 2 – IDENTIFICAÇÃO DO AGENTE CAUSADOR DE UMA CONTAMINAÇÃO NOS REVESTIMENTOS CERÂMICOS.....</b>	<b>90</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>120</b>

	21
<b>6.1 Conclusões .....</b>	<b>120</b>
<b>6.2 Trabalhos Futuros .....</b>	<b>121</b>
<b>7 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>123</b>



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Apresentação do Problema

Todas as empresas de um modo geral buscam a rentabilidade de seus negócios mediante um investimento físico, administrativo ou intelectual aplicado em um determinado setor da economia, arquitetado de maneira planejada e eficaz. No setor de revestimentos cerâmicos não é diferente, sendo que a rentabilidade do negócio pode ser obtida por meio de uma combinação de fatores que englobam as exigências dos clientes e as peculiaridades técnicas e estéticas dos produtos (MARTÍN, 2004).

Ambientes altamente competitivos e dinâmicos requerem um planejamento da alocação dos recursos visando atingir determinados objetivos de curto, médio e longo prazo. Em um sistema produtivo, ao serem definidas suas metas e estratégias, faz-se necessário formular planos para atingi-las, sendo que os recursos humanos e físicos devem ser administrados com base nesses planos (TUBINO, 1997).

Pahl e Beitz (2005) consideram que a atividade de planejar e projetar é compreendida como sendo uma conversão de informações. A cada saída de informações, melhorias poderão ser necessárias, ou então será necessário aumentar a valoração do resultado da etapa de trabalho que acabou de ser executada.

Atualmente a competitividade de um produto baseia-se em muitos critérios, que incluem custos e qualidade de produção. Em consequência disso, as empresas de um modo geral estão se voltando cada vez mais para uma máxima confiabilidade e qualidade dos seus produtos acabados, bem como nos processos de fabricação e estocagem para se ter máxima rentabilidade do seu empreendimento (AMORÓS et al., 1991).

De acordo com Rausand e Oien (1996), a falha representa um conceito fundamental para a análise de confiabilidade, sendo a falha definida como o término da habilidade de um item para desempenhar uma requerida função. A qualidade de uma análise de confiabilidade depende fortemente da habilidade do responsável em identificar todas as funções desempenhadas pelos componentes e as possíveis falhas com potencial de ocorrência.

Essa crescente conscientização, aliada às diversas ferramentas atreladas à qualidade que estão cada vez mais sendo disseminadas nas indústrias envolvendo o controle de qualidade, a identificação e análise

das causas raízes dos problemas gerados no chão de fábrica e suas possíveis soluções podem gerar muitos benefícios econômicos e um diferencial perante o mercado (AMORÓS et al., 1991).

Esse enfoque da qualidade está necessariamente ligado à solução de problemas que vão sendo encontrados. À medida que resultados indesejados dos processos são percebidos, como problemas e falhas, atua-se metodicamente sobre eles para encontrar a sua causa fundamental e bloqueá-la. Isso pode ser feito mediante o Método de Análise e Solução de Problemas (MASP), que consiste em uma aplicação do ciclo PDCA à eliminação de defeitos indesejados ou para a introdução de melhorias no processo fabril (HELMAN e ANDERY, 1995).

Com base nisso, o presente trabalho tem o intuito de demonstrar através de dois estudos de caso que a ferramenta da qualidade MASP pode ser aplicada em diversas etapas do processo de fabricação de revestimentos cerâmicos proporcionando bons resultados. No primeiro deles pode-se verificar que a empresa estudada está com uma geração de SKUs (*Stock Keeping Units*) acentuada, e foi observado que uma linha específica de produtos apresenta uma quantidade significativa deste efeito. Já no segundo estudo de caso nota-se a presença de um defeito superficial nos revestimentos cerâmicos que desclassifica um volume alto de material, buscando-se encontrar qual a origem desse defeito e sua provável eliminação.

## **1.2 Objetivos**

O Objetivo Geral e os Objetivos Específicos deste trabalho são apresentados a seguir.

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Este trabalho tem como foco utilizar a ferramenta de Método de Análise e Solução de Problemas em uma indústria de revestimentos cerâmicos como auxílio para identificar e solucionar dois problemas que serão descritos mediante estudos de caso.

No primeiro estudo de caso, o problema corresponde à elevada geração de SKUs em uma linha específica de produtos da tipologia porcelanato esmaltado. SKUs são itens de estoque com determinado tamanho, cor, entre outras características de produto, que são alocados



de maneira organizada para facilitar o seu armazenamento e logística. No segundo estudo de caso, um defeito superficial é caracterizado por uma contaminação presente na massa porcelânica dos produtos, tendo que ser entendida a sua origem e possível solução.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Mostrar as possíveis contribuições que o MASP pode proporcionar na investigação e solução de problemas em uma empresa de revestimentos cerâmicos.
- Reduzir a abertura e variação de tonalidades de uma linha específica de produtos da tipologia porcelanato esmaltado.
- Aumentar o volume de produção realizado em um único SKU.
- Identificar a provável origem de um defeito que ocasiona uma falha na superfície de revestimento cerâmico.
- Eliminar a fonte geradora de tal defeito aumentando a qualidade final do produto.

## **1.3 Contribuições**

Este trabalho visa ter como contribuição no âmbito industrial cerâmico e acadêmico a disseminação das técnicas encontradas no MASP e, assim, facilitar a identificação sobre onde possam ocorrer falhas e possíveis pontos de desperdícios no processo fabril, além de disponibilizar uma metodologia que busque apontar para algum caminho de melhoria ou erro de maneira rápida e eficaz, fazendo com que a empresa em estudo obtenha uma redução de perdas físicas e econômicas ao longo do seu processo.

## **1.4 Justificativa do Tema**

Optou-se por utilizar a metodologia MASP neste trabalho devido à sua facilidade de aplicação e entendimento dos participantes. Além disso, não há muitas pesquisas referenciadas na indústria de revestimentos cerâmicos utilizando este método, apesar do MASP já ter se mostrado eficiente na investigação e eliminação de problemas em diversos setores industriais referenciados na literatura.

## **1.5 Estrutura do Trabalho**

Esta dissertação está dividida em sete capítulos, sendo que no primeiro capítulo é apresentada uma breve contextualização do assunto abordado, integrando o tema com a recente situação industrial, esclarecendo os objetivos gerais e específicos da pesquisa e suas possíveis contribuições.

No capítulo dois é feita a revisão bibliográfica contemplando o cenário da indústria de revestimentos cerâmicos e como se dá o seu processo fabril, além da abordagem da ferramenta MASP e demais particularidades atreladas à qualidade.

No terceiro capítulo descreve-se como foi desenvolvida a metodologia do MASP na empresa estudada, mostrando a sua aplicação na tratativa de alguns entraves da produção de revestimentos cerâmicos.

No quarto capítulo apresenta-se o primeiro estudo de caso de aplicação do Método de Análise e Solução de Problemas (MASP), que envolve a geração elevada de SKUs em uma determinada linha de produtos específicos.

Já no quinto capítulo se tem o segundo estudo de caso buscando a identificação e minimização do agente causador de uma contaminação na superfície dos revestimentos cerâmicos através do MASP.

No capítulo seis são relatadas as conclusões obtidas com o desenvolvimento do presente trabalho e análise dos estudos de caso, e posteriormente são feitas algumas sugestões para trabalho futuros.

O sétimo e último capítulo contém as referências bibliográficas utilizadas nesta pesquisa.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Neste item do trabalho é apresentada uma pesquisa bibliográfica buscando contextualizar o tema proposto neste trabalho, que incluem os seguintes tópicos: o cenário atual de revestimentos cerâmicos, o processo de fabricação de revestimentos cerâmicos, gestão e controle de estoques e SKUs numa indústria de revestimentos cerâmicos e como funciona a ferramenta MASP para melhoria contínua e resolução de problemas no processo fabril, comparando-a com outros métodos semelhantes relacionados à qualidade.

### **2.1 Panorama Atual da Indústria de Revestimentos Cerâmicos**

A indústria de revestimentos cerâmicos é caracterizada pela concentração geográfica das empresas deste setor. Mundialmente falando, existem os pólos de Sassuolo e Castellón, respectivamente na Itália e na Espanha, que são considerados os países de referência nesta atividade industrial quando são levados em consideração o design, a qualidade e a presença de grandes marcas (ANFACER, 2015).

Assim como nos países de referência, o Brasil também se caracteriza por apresentar algumas regiões com maior concentração de empresas de revestimentos cerâmicos. Pode ser citada a região de Criciúma, em Santa Catarina, que é reconhecido como pólo internacional e concentra as maiores empresas brasileiras que disputam o mercado de design e marca numa faixa de preços mais altos. Há também dois pólos em São Paulo, Mogi Guaçu e Santa Gertrudes, que normalmente trabalham com produtos mais acessíveis a toda a população nacional. Daqui a alguns anos, possivelmente o nordeste brasileiro irá se configurar como um pólo industrial deste setor, pois conta com uma favorável existência de matérias-primas, energia viável e um mercado consumidor em crescimento, além de estar situado numa região vantajosa quando se trata de atender o mercado externo devido à sua localização.

O Brasil é um dos principais protagonistas mundiais do setor de revestimentos cerâmicos, ocupando a segunda posição em produção e consumo. As empresas fabricantes brasileiras, com mais de 90% de seus produtos em conformidade com as normas técnicas internacionais, exportaram em 2014 para 113 países em todos os continentes, totalizando uma receita de 279,8 milhões de dólares (ANFACER, 2015).

Em 2014 foram produzidos 903,3 milhões de metros quadrados de revestimentos cerâmicos, para uma capacidade instalada de 1.084 milhões de metros quadrados. As vendas totais atingiram 922,4 milhões de metros quadrados, sendo 853,2 milhões de metros quadrados vendidos no mercado interno e 69,2 milhões de metros quadrados exportados.

Aspecto igualmente importante é o contínuo desenvolvimento tecnológico da indústria cerâmica mundial, a disseminação do uso de cerâmica em diferentes aplicações e ambientes e a crescente incorporação de novos conceitos na perspectiva de novos produtos e resolução de particularidades do processo (ANFACER, 2015).

## **2.2 Processo Fabril de uma Indústria de Revestimentos Cerâmicos**

Existe uma norma internacional que rege a produção de placas cerâmicas para revestimento de pisos e paredes, a ISO 13006:1995, que está deixando de ser diferencial de mercado para ser requisito mínimo, fazendo com que as empresas busquem novas tecnologias e métodos que poderão aumentar a inserção de seus produtos no mercado (COIMBRA, 2003).

A produção de revestimentos cerâmicos é uma indústria em que as matérias-primas são submetidas a uma sequência de operações para que adquiram as propriedades requeridas no produto final, através de transformações físico-químicas. As etapas nessa atividade industrial podem ser resumidas da seguinte forma: primeiramente, as matérias-primas são pesquisadas, exploradas, homogeneizadas e tratadas pela empresa mineradora. Após essas etapas, elas são transportadas e estocadas no fabricante, onde são moídas e misturadas de acordo com o processo de fabricação e o produto a ser produzido, passando pela conformação, secagem, esmaltação e, posteriormente, pelo processo térmico e acabamento final, podendo ou não ser retificadas, polidas ou impermeabilizadas, conforme o fluxograma da Figura 2.1 (COELHO, 1996).

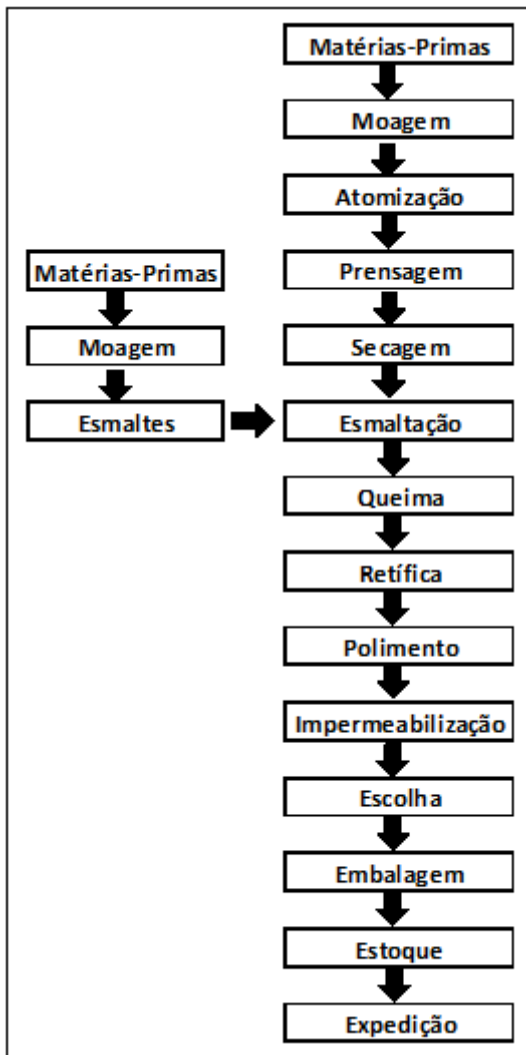


Figura 2. 1 Fluxograma de um processo fabril de revestimentos cerâmicos.  
(Fonte: Autor)

Nos próximos itens serão descritas brevemente as principais etapas incluídas no fluxograma da Figura 2.1.

### 2.2.1 **Matérias-Primas**

Quando são formuladas as composições de massas e esmaltes cerâmicos leva-se em consideração uma série de fatores que buscam atender os requisitos da tipologia de produto, no que diz respeito às características técnicas e de produto acabado que os consumidores finais gostariam de usufruir.

Na maioria das vezes, a massa cerâmica traz na sua essência uma mistura de materiais rochosos sílico-aluminosos, como feldspatos, materiais argilosos de diferentes naturezas e alguns materiais de reaproveitamento industrial. Com isso, é realizado um balanço estequiométrico desses materiais objetivando as peculiaridades físico-químicas e mecânicas necessárias para adequar a tipologia de produto requerido de acordo com a classificação da NBR 13817:1997 (SILVA e PORTELLA, 2005).

Já os esmaltes cerâmicos têm como sua base de composição as fritas cerâmicas, que são materiais vidrados dos mais variados tipos dependendo da técnica de queima a ser empregada, com elevados teores de óxidos de cálcio (CaO), zinco (ZnO) e potássio (K<sub>2</sub>O), podendo variar de 30% a 40% da formulação no caso de engobe (primeira camada de esmalte após a compactação da peça cerâmica) e de 40 a 95% no caso de esmaltes, sendo que este último normalmente é a segunda camada de aplicação na linha de esmaltação, além de serem considerados materiais mais brilhantes se comparados aos engobes. O restante da fórmula é composto de argilas mais claras, caulins, silicatos de zircônio, feldspatos, quartzos e agentes defloculadores (OLIVEIRA, 2011).

Após a definição das matérias-primas de massa e esmaltes que serão utilizadas na composição para se chegar à tipologia de produto requerida, esses materiais são estocados nos boxes de produção, aguardando o momento de pesagem.

### 2.2.2 **Moagem**

A moagem tem por objetivo a cominuição (redução das dimensões) e a homogeneização das matérias-primas. No processo de moagem as matérias-primas devem ser pesadas e transportadas para moinhos de bolas de seixos de ágata ou alumina. Após obter a formulação adequada, a moagem é realizada em meio aquoso para uma melhor homogeneização da barbotina (mistura das matérias-primas com

água e defloculante). Um dos controles importantes nesse processo é o percentual de resíduo ao término da moagem, ou seja, o quanto de material grosseiro fica retido numa peneira de controle, que influencia diretamente na fusibilidade dessa barbotina e, conseqüentemente, no processo de sinterização.

Outros parâmetros devem ser avaliados quando se faz o processo de moagem, as quais estão relacionadas ao equipamento, as quais são: velocidade de rotação do moinho; quantidade, tipos e tamanhos de elementos moedores; taxa de ocupação do moinho; densidade e viscosidade da barbotina. Esses parâmetros podem influenciar no tipo de moagem, sendo ela pelo sistema de cascata, ou por atrito, ou então pelos dois sistemas simultaneamente (FERRARI, 1985).

Na Figura 2.2 pode-se verificar que, se alguns dos parâmetros citados não forem seguidos de maneira correta, conforme a etapa “B”, onde se tem o sistema de cascata atuando na moagem das matérias-primas mediante as bolas mais externas, bem como o sistema por atrito, ocorrendo com as bolas mais internas, a eficiência de moagem será baixa, aumentando o tempo de moagem e o tamanho das partículas finais do processo. Isto pode causar problemas nas etapas seguintes de prensagem e sinterização, além de diminuir a vida útil do moinho resultante do impacto das bolas nas paredes do mesmo (RIBEIRO e ABRANTES, 2001).

### 2.2.3 Atomização

A barbotina é levada ao tanque com agitação contínua e, em seguida, para o interior de uma câmara de secagem (*spray dryer*), sendo impulsionada a passar pelo bico dosador do atomizador (equipamento responsável pela formação do grânulo). Ao passar por um orifício tão reduzido, a solução é pulverizada no interior da câmara de secagem que oscila em temperaturas entre 550°C e 700°C, ocorrendo a evaporação parcial da água contida na barbotina e a granulação da massa, de aparência semelhante à areia (OLIVEIRA, 2011). É importante que se tenha atenção à granulometria e à umidade do pó atomizado na saída do atomizador, pois, se eles forem mal controlados, podem gerar falhas ou problemas de compactação no processo seguinte.

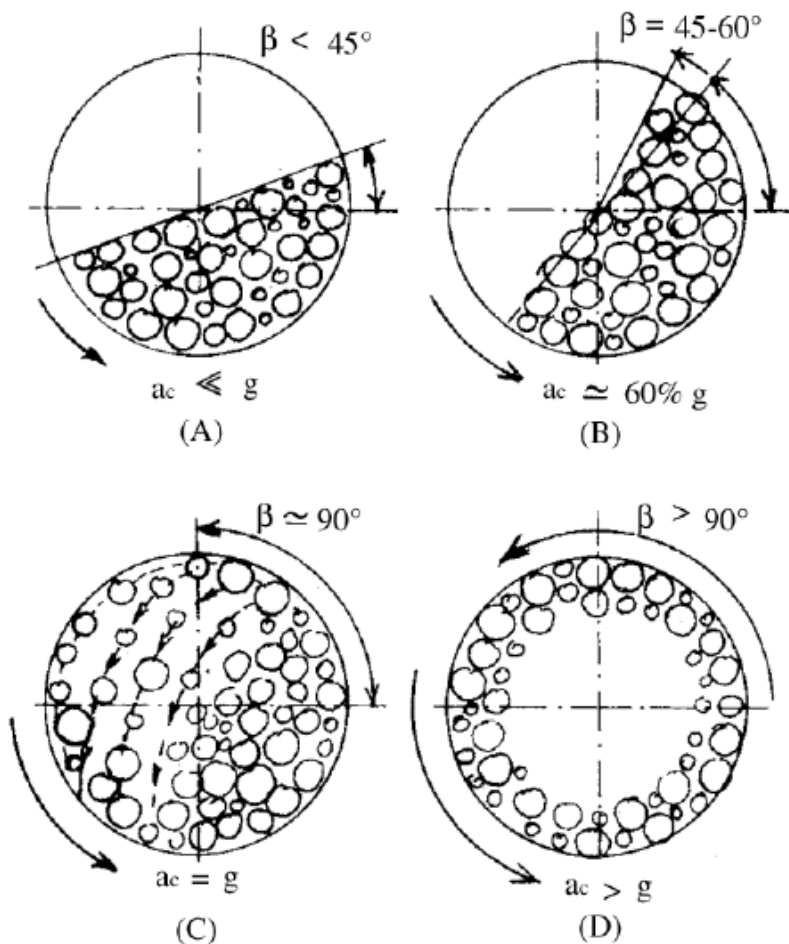


Figura 2. 2 Interior de um moinho de bolas para quatro diferentes valores da aceleração centrífuga ( $a_c$ ).  $\beta$  (ângulo de cascata) é o ângulo formado entre o plano de bolas inclinadas e o horizontal. (RIBEIRO e ABRANTES, 2001).

#### 2.2.4 Prensagem

A prensagem é um método de conformação que utiliza a prensa para comprimir a massa granulada com moldes, visando obter uma densidade uniforme dentro de todo o molde (NORTON, 1973). A prensa



é dos equipamentos que devem ter excelentes controles de pressão específica, espessura e densidade aparente, pois ela pode ocasionar graves defeitos que desqualificam o produto, podendo-se citar defeitos dimensionais, trincas de diferentes origens e diferenças de compactação.

### **2.2.5 Secagem**

Utilizando o secador, o processo de secagem fornece calor à peça cerâmica que, com a evaporação de água residual, verifica-se um aumento de resistência mecânica do revestimento cerâmico, atribuída a uma densificação causada pelo empacotamento e atração de partículas que aumenta as forças de ligação entre as mesmas. A temperatura e velocidade de secagem das peças recebem atenção especial, pois uma secagem brusca pode gerar trincas (NORTON, 1973).

### **2.2.6 Esmaltação**

Após o revestimento ter passado pelo processo de secagem, ele é direcionado automaticamente para a linha de esmaltação (NORTON, 1973). Nessa etapa, as peças sofrem um acabamento com alguns tipos de esmaltes cerâmicos e suas respectivas serigrafias ou desenhos que podem ser impressos com impressoras de alta tecnologia ou por processos convencionais com rolos serigráficos. Vale salientar que é de extrema importância que se sigam os padrões de viscosidade, densidade e pesos de aplicação de esmaltes e tintas serigráficas nas peças para garantir a qualidade e similaridade do produto com suas respectivas placas padrão (peças de referência de cor, textura e variação entre as peças). Deve-se mencionar que, se alguns dos itens mencionados estiverem fora do padrão, as peças cerâmicas possivelmente terão sua tonalidade adulterada, resultando em mais aberturas de SKUs durante a produção (COSTA e BOSCHI, 2004).

Ainda nas linhas de esmaltação deve-se realizar a rebarbação das laterais das peças e a escovação superficial das mesmas para evitar levar o excesso de esmaltes e pequenos pedaços de pó atomizado em cima das peças para o processo seguinte de queima, podendo ocasionar algum tipo de defeito superficial ou causar sujeira nos rolos refratários cerâmicos, resultando em defeitos de planicidade das peças.

### 2.2.7 Queima

A queima tem a função de sinterizar as peças cerâmicas, bem como a vitrificação dos esmaltes e a estabilização das cores. Esse processo também confere o tamanho final das peças caso não sofram o processo de retificação, influenciando a classificação dos produtos de acordo com a absorção de água que lhe são conferidas após a queima, de acordo com a norma ISO 13006.

Neste processo, o forno cerâmico pode ser subdividido em quatro regiões, cada uma com sua função específica: pré-forno ou secador, pré-aquecimento, zona de queima e resfriamento. No pré-forno se tem a retirada do excesso de umidade da peça após passar pela linha de esmaltação. Já no pré-aquecimento, as temperaturas chegam a 900°C e ocorrem as primeiras transformações físico-químicas como a mudança de fase do quartzo e a eliminação dos componentes orgânicos presentes na massa cerâmica. Como exemplo de uma má eliminação deste conteúdo orgânico pode-se referenciar a Figura 2.3, na qual se observam corpos de prova com e sem coração preto (termo usado para se referir à matéria orgânica em revestimentos cerâmicos). Dando sequência às demais regiões do forno, tem-se a zona de queima, que é o local de máxima temperatura do forno, podendo atingir 1200°C, onde os esmaltes se fundem por completo e a peça fica com a máxima densificação, minimizando a porosidade em seu interior. Por último, pode ser citado o resfriamento do forno, onde as temperaturas diminuem gradativamente para que ocorra o alívio de tensões residuais na peça, evitando problemas futuros de planicidade, dentre outros (SACMI-IMOLA, 1997).

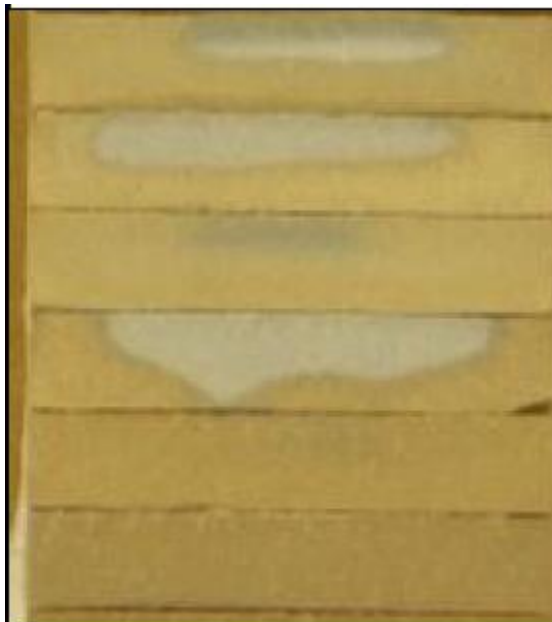


Figura 2. 3 Seção transversal de amostras de peças cerâmicas com e sem matéria orgânica em seu interior. (Fonte: Autor)

Dentre tantos controles importantes nesse processo, destaca-se o ciclo de queima, que consiste no tempo que as peças levam para iniciar a queima até a saída das mesmas no final do forno, e a temperatura de toda a extensão do forno que deve ser gradual e suficiente para garantir as propriedades físico-químicas inerentes a esta tipologia de produto.

#### **2.2.8 Retificação, Polimento e Impermeabilização**

Este último macroprocesso consiste no acabamento final dos revestimentos cerâmicos, onde é estabelecido o tamanho das peças através da retificação, se sofrerá ou não o processo de polimento ou escovação superficial, e posterior impermeabilização do produto, que proporcionam uma textura diferenciada e uma maior proteção contra possíveis manchamentos. Como se trata da última etapa antes do produto ser embalado e encaminhado para a expedição, é de fundamental importância que se tenha muito zelo ao produzi-lo e

manipulá-lo, pois qualquer intervenção negativa faz com que todos os processos anteriores sejam desperdiçados em caso de dano ao material.

### **2.3 Gestão de estoques e SKUs numa indústria de revestimentos cerâmicos**

Segundo Pimentel (2005), “o atual cenário empresarial é caracterizado pela alta competitividade, pelo elevado grau de instabilidade, e pelo intenso processo de globalização. Diante desta realidade, um número cada vez maior de empresas busca ferramentas e técnicas que as auxiliem no processo gerencial. Dentre estas ferramentas destaca-se o Planejamento e o Acompanhamento da Produção, contemplando a gestão de estoques”.

A programação dos estoques é imprescindível em termos financeiros. Lucena e Filho (2002) enfatizam que “existe um custo dos estoques que aumenta os custos operacionais e diminui os lucros, razão pela qual a boa administração dos mesmos é essencial”.

Para Chiavenato (1991), estoque é a composição de materiais em processamento, materiais semiacabados, materiais acabados, que não são utilizados em determinado momento na empresa, mas que precisam existir em função de futuras necessidades, uma vez que o acúmulo de estoques em níveis adequados é uma necessidade para o funcionamento adequado do sistema produtivo. Arnold (1999) ressalta que “estoques na produção são utilizados para apoiá-la, ou então são o resultado da produção”.

De acordo com Pimentel (2005), “a gestão de estoques visa elevar o controle de custos e manter a qualidade dos produtos armazenados na empresa. As teorias sobre o tema normalmente ressaltam a seguinte premissa: é possível definir uma quantidade ótima de estoque de cada componente e dos produtos da empresa, entretanto só é possível definir essa quantidade a partir da previsão da demanda do produto”.

Empresas de diferentes atuações no mercado costumam utilizar o termo SKU (*Stock Keeping Unit* – Unidade de Manutenção de Estoque) para organizar e quantificar o número de itens presentes, além de garantir um maior controle das entradas e saídas de produtos armazenados e estocados. Cada tipo de produto originado por uma determinada empresa deve gerar um novo SKU para que se possa controlá-lo de uma melhor forma no processo fabril, bem como poder

fazer seu rastreamento, facilitando a sua logística, possibilitando dimensionar o seu custo de estocagem.

Numa indústria de revestimentos cerâmicos, um SKU corresponde à classificação de um determinado produto de acordo com alguns critérios como cor, textura, brilho, desenhos serigráficos semelhantes às peças padrões, e tamanho. Normalmente existem três tamanhos, os quais são P, M, G, sempre dentro dos padrões estabelecidos pela documentação normativa ABNT NBR 15463:2013.

O produto é classificado como produto de classe Extra ou Comercial. A classe Extra corresponde a um produto livre de defeitos observados a um metro de distância, enquanto a classe Comercial se refere a produtos que apresentam pequenos defeitos, mas que ainda podem ser comercializados, ambos podendo receber outras nomenclaturas e outros parâmetros de classificação dependendo da empresa.

Se durante a produção algum dos itens citados acima destoar daquilo que foi avaliado no início da produção, um novo SKU deve ser aberto pelo processo produtivo para evitar que se fabriquem produtos com alguma variação no cliente final.

## **2.4 Introdução à qualidade**

Para se entender melhor o âmbito no qual o presente trabalho está inserido, é importante fazer uma abordagem inicial sobre a qualidade, sua história e definições, para depois comentar sobre as ferramentas da qualidade e métodos de análise e solução de problemas nas empresas.

### **2.4.1 História da qualidade**

O controle da qualidade de forma estruturada iniciou por volta de 1920, quando Walter Shewhart elaborou um sistema de medição de variação no processo produtivo conhecido como controle estatístico do processo (CEP). Este sistema ainda é muito utilizado nas indústrias em geral para monitorar a estabilidade dos processos. Neste mesmo período Shewhart também criou o PDCA (*Plan-Do-Check-Act* - Planejar-Fazer-Verificar-Padronizar). Este ciclo, quando aplicado metodicamente, contribui para o alcance de melhorias do processo (BAUER et al., 2002 *apud* TERNER, 2008).

No Japão, após a 2ª Guerra Mundial, W. Edwards Deming uniu os conceitos difundidos de CEP com qualidade, contribuindo para um crescimento significativo da indústria japonesa. Logo em seguida, Joseph Juran e Armand Feigenbaum se juntaram a Deming e associaram qualidade à satisfação do cliente. Em 1951, a União Japonesa de Cientistas e Engenheiros (JUSE) criou o Deming *Prize*, primeiro prêmio para averiguar a qualidade (BAUER et al., 2002 *apud* TERNER, 2008).

Alguns anos depois, Kaoru Ishikawa completou os trabalhos de Feigenbaum, criando os círculos de controle da qualidade (CCQ), incluindo todos os colaboradores de uma empresa e não somente os gerentes. Todos eram treinados em conceitos estatísticos, PDCA e solução de problemas e, por meio dessas técnicas, conseguiu-se uma melhor performance de diversas empresas. Em meados de 1970, a maioria das empresas japonesas havia adotado o que Ishikawa denominou de “*companywide quality control*” (CWQC) ou *Total Quality Control* (TQC) traduzido para Controle da Qualidade Total (CQT) (BAUER et al., 2002 *apud* TERNER, 2008).

Em 1987, o diretor executivo da Motorola Inc., Bob Galvin, lançou um programa da qualidade em longo prazo intitulado “Programa de Qualidade Seis Sigma”. Nesse programa buscava-se a satisfação total do cliente, objetivando se aproximar do zero defeito nos seus processos e produtos (PEREZ-WILSON, 1999 *apud* CORTADA, 2005).

#### 2.4.2 Definições de Qualidade

Constantemente os requisitos da qualidade do cenário industrial e mercadológico sofrem oscilações e evoluem na medida em que há um progresso tecnológico. Todos os dias deve haver o aprimoramento dos processos para atender as necessidades dos clientes. Visto que essas necessidades se alteram por diversas vezes, pode-se verificar que a busca por melhorias dos processos deve ser contínua, para que o conceito de qualidade não perca seu sentido na percepção do consumidor (MENEZES, 2013).

Existem diversas formas de interpretação que podem definir qualidade. Segundo a norma ISO 9000:2005, a qualidade é definida como “o grau no qual um conjunto de características inerentes satisfaz requisitos”, onde o requisito significa condição, necessidade ou expectativa.

Para Crosby (1979), “qualidade é a conformidade do produto às suas especificações”. As necessidades devem ser especificadas e a

qualidade é alcançada quando essas especificações são seguidas sem ocorrência de defeito.

Segundo Juran (1999), “qualidade significa ausência de defeitos”, evitando retrabalhos e obtendo menores custos. Esse autor também comenta que “qualidade significa aquelas características do produto que atingem as necessidades do consumidor, satisfazendo-o”.

Para Deming (2002), “qualidade é tudo aquilo que melhora o produto do ponto de vista do cliente”, sendo que o consumidor é a parte mais importante da linha de produção e a qualidade deve ser focada para as necessidades do mesmo.

Para Ishikawa (1985), “qualidade é desenvolver, projetar, produzir e comercializar um produto de qualidade que é mais econômico, mais útil e sempre satisfatório para o consumidor”. Ele incorpora o conceito de *Kaizen* (melhoria contínua) ao significado de qualidade.

Feigenbaum (1994) define qualidade como “a combinação de características de produtos e serviços referentes a marketing, engenharia, produção e manutenção através das quais produtos e serviços em uso corresponderão às expectativas do cliente”.

### 2.4.3 Ferramentas da Qualidade

Uma ferramenta pode ser compreendida como um dispositivo utilizado para ajudar na realização de uma atividade. As ferramentas de melhoria da qualidade podem ser representadas por gráficos e dados numéricos utilizados por grupos de trabalho que contribuem para entender e melhorar os processos (BAUER *et al.*, 2002 *apud* TERNER, 2008).

Dentre todas as ferramentas da qualidade disponíveis na literatura, foram abordadas com maior ênfase neste trabalho o diagrama de Pareto, *brainstorming*, diagrama de Ishikawa, análise dos cinco porquês e 5W2H, as quais foram utilizadas durante o desenvolvimento do método de análise e solução de problemas (MASP).

#### 2.4.3.1 Diagrama de Pareto

O Diagrama de Pareto é um método mediante o qual se gera um gráfico que tem a finalidade de apresentar, na ordem de maior à menor importância, uma série de causas que possam estar causando um

problema. Ele tem o propósito de distinguir entre as poucas questões vitais e as muitas questões triviais segundo a lógica de Juran, na área da Qualidade, comentada por Slack (2009).

Explicando um pouco melhor, 20% das causas levantadas são responsáveis por 80% do resultado almejado, podendo-se, desta forma, priorizar algumas atividades, dando foco àquelas que realmente vão fornecer um resultado mais relevante (TERNER, 2008). Esse princípio também pode ser conhecido como “Lei 20/80”, sendo exemplificado de diferentes formas como citado por MATTOS (1998) e mostrado na Figura 2.4:

- 20% do tempo perdido com itens importantes são responsáveis por 80% dos resultados;
- 20% do tempo gasto em planejamento economizam 80% do tempo de execução;
- 20% dos clientes são responsáveis por 80% do faturamento das empresas;
- 20% dos defeitos geram 80% das reclamações.

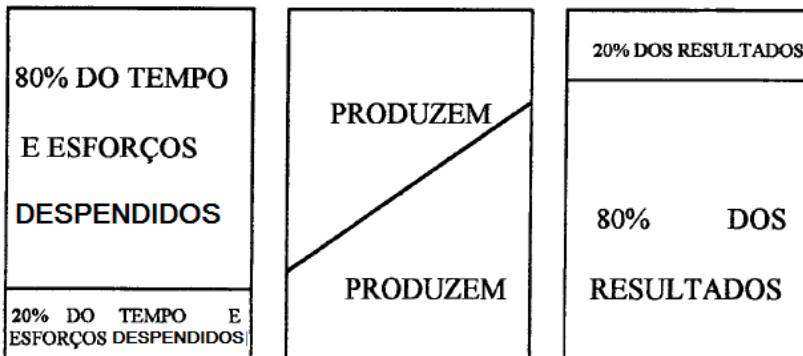


Figura 2. 4 Exemplo da relação 20/80 proveniente dos gráficos de Pareto  
(Fonte: MATTOS, 1998)

Para a sua construção é necessário o levantamento das possíveis causas da dificuldade em questão, organizando-as da esquerda para a direita, em ordem decrescente de frequência ou impacto no resultado. Para ficar mais fácil o entendimento segue a Figura 2.5 como exemplo.



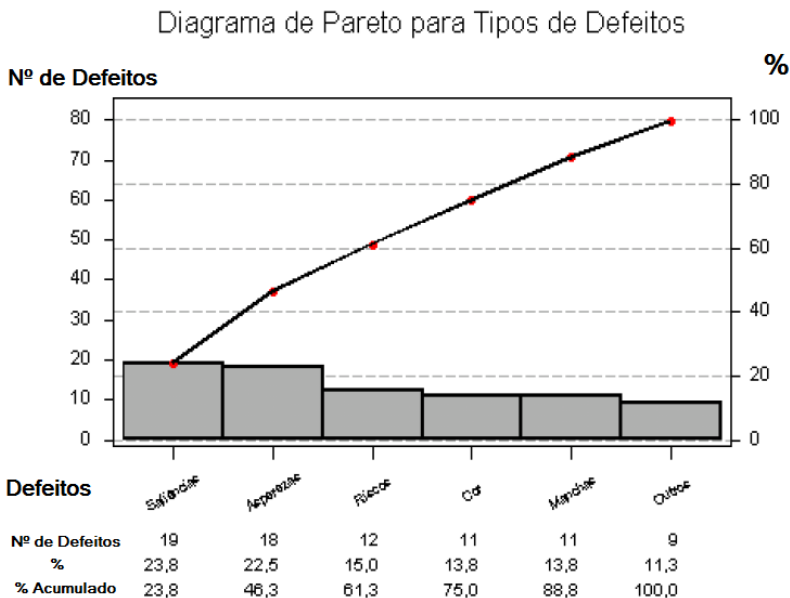


Figura 2. 5 Exemplo de diagrama de Pareto (MENEZES, 2013)

### 2.4.3.2 Brainstorming

Esta técnica veio a público com este nome em 1950 para uso na área da publicidade, sendo desenvolvida por Alex Osborn. O *brainstorming* tem o intuito de gerar o maior número possível de ideias a respeito de um determinado tema sem sofrer represálias ou maiores julgamentos por qualquer integrante do grupo de trabalho. Um dos princípios desta ferramenta sugere, neste primeiro momento, a quantidade de opiniões, pois assim maior será a possibilidade de encontrar a melhor forma de combater o problema (MENEZES, 2013).

No cotidiano do meio empresarial, muitos colaboradores que receberam treinamentos ou especializações durante a vida acadêmica para ter um pensamento com enfoque mais rígido ficam em situação adversa quando são colocados frente a frente com um problema mais complexo. Para isso, o *brainstorming* tenta quebrar este paradigma quando se tem questões deste tipo, buscando liberar o grupo de trabalho de formalismos limitantes que prejudicam a criatividade, os quais minimizam a diversidade de ideias e as hipóteses de soluções para o problema em questão (MATTOS, 1998).

Esta “tempestade de ideias”, como pode ser traduzido o *brainstorming*, tem duas formas de condução: estruturada ou não estruturada. Na forma estruturada os participantes comentam uma ideia completando uma rodada com a participação de todos os membros da equipe. Da forma não estruturada cada colaborador do grupo expõe seus pensamentos e ideias de maneira espontânea e aleatória, tendo um ambiente mais extrovertido, sem a obrigação de ter que falar num determinado momento, deixando os participantes mais à vontade. Porém, pode haver o predomínio de alguns membros mais desenvoltos e a não participação dos mais tímidos (MENEZES, 2013).

Para conduzir o *brainstorming* é importante seguir algumas recomendações (MATTOS, 1998 e MENEZES, 2013):

- Reunir um grupo de pessoas que possuem conhecimento a respeito do tema proposto para que a troca de experiências seja mais efetiva e rica em detalhes;
- Garantir que a questão central do problema seja exposta e entendida por todos para evitar confusões;
- Eleger um participante como líder para comandar o andamento da ferramenta e incentivar todos os participantes a expor suas ideias;
- Todo o grupo de trabalho deve colaborar com suas sugestões, expondo-as de maneira livre e descontraída, sem sofrer críticas por sugerir ideias pouco convencionais que num primeiro momento pareçam absurdas. Ninguém pode se sentir constrangido ou inibido por retaliações, pois, assim, alguma grande ideia pode deixar de ser dita;
- Todas as ideias devem ser escritas de uma maneira clara e objetiva, para que todos os participantes possam visualizar e estabelecer conexões, facilitando a criatividade para novas soluções;
- Não se deve tentar encontrar culpados para a causa do problema e sim soluções;
- Por último, dentre as ideias levantadas faz-se a seleção das mesmas, descartando aquelas que possam estar duplicadas e dando foco àquelas que possam estar mais interligadas com as causas fundamentais do problema.

Algumas dessas recomendações são apresentadas na Figura 2.6.

<b>BRAINSTORMING</b>		
<b>REGRA</b>	<b>O QUÊ FAZER?</b>	<b>COMO FAZER?</b>
<b>1</b>	Escolher um líder para dirigir as atividades do grupo.	Durante as reuniões o líder deve agir como incentivador e motivador para que todos os membros participem e exponham suas idéias.
<b>2</b>	Todos os membros colaboram com sua opinião sobre as possíveis causas para o problema analisado.	Os membros do grupo vão apresentando suas idéias de forma informal. Cabe ao líder incentivar os membros que tenham dificuldade de expor sua idéia, por timidez por exemplo.
<b>3</b>	Nenhuma Idéia pode ser criticada	As críticas podem causar constrangimento para alguns integrantes do grupo, causando inibição. Depois de estruturar o diagrama de causa e efeito, pode ser feita uma revisão e eliminar as causas pouco viáveis.
<b>4</b>	As idéias devem ser escritas de forma que todos consigam visualizá-las.	A exposição das idéias facilita o surgimento de novas idéias, os membros passam a ter novas idéias a partir de sugestões anteriores.
<b>5</b>	A tendência de culpar pessoas deve ser evitada.	Procurar culpados tira o foco da resolução do problema.

Figura 2. 6 Algumas regras do Brainstorming (Fonte: MENEZES, 2013)

### 2.4.3.3 Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de Ishikawa é um método bastante eficiente e bem usual de encontrar as possíveis causas raízes de determinados problemas. Normalmente ele trabalha em conjunto com a ferramenta de *brainstorming* e possibilita relacionar as causas com as oportunidades de melhoria de maneira simples, identificando todas as possíveis causas que possam estar atreladas aos seus efeitos (TERNER, 2008).

Esta ferramenta permite estruturar a fase de geração de ideias em grupo (*brainstorming*), onde normalmente as mesmas são lançadas no calor da discussão de maneira desordenada. Dessa forma, é possibilitada a organização das causas sob a classificação dos “6Ms” (Material, Método, Meio Ambiente, Máquina, Mão-de-obra e Medição), descritos na Tabela 2.1, facilitando a análise por todos os participantes neste tipo de agrupamento e, posteriormente, promovendo a busca pela solução do problema de maneira estruturada, conforme pode ser visto na Figura 2.7 (SLACK, 2009).

Tabela 2. 1 Descrição de cada “M” presente no diagrama de Ishikawa (Fonte: MENEZES, 2013)

<b>MÉTODO</b>	Procedimentos, métodos, maneiras de executar cada trabalho
<b>MÃO DE OBRA</b>	Conhecimentos e habilidades necessárias para o bom desempenho das pessoas
<b>MATERIAIS</b>	Tipo de materiais e disponibilidades para utilização no processo
<b>MÁQUINA</b>	Condições e capacidade das instalações e recursos físicos
<b>MEIO AMBIENTE</b>	Condições de fatores relacionados ao ambiente de negócio
<b>MEDIÇÃO</b>	Referentes à medições (medidas)

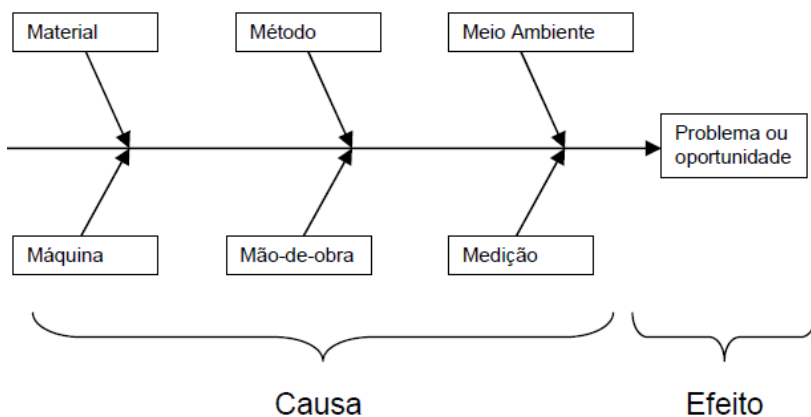


Figura 2. 7 Diagrama de Ishikawa. (Fonte: TERNER, 2008)

Este diagrama pode ser chamado de diagrama de causa-efeito, fazendo a conexão entre ambas as etapas, como também pode ser chamado de diagrama de espinha de peixe, devido à sua semelhança com um peixe (TAGUE, 2004 *apud* TSAROUHAS, 2010).

#### 2.4.3.4 Análise dos Cinco Porquês

A técnica de análise dos cinco porquês é creditada a Sakichi Toyoda, e incluída por Taichi Ohno no Sistema Toyota de Produção, e consiste em um método de repetir várias vezes questionamentos que começam com “por que” para entender uma dificuldade (MYSZEWSKI, 2013). Uma vez estabelecido o problema a ser analisado é feita a pergunta “por que” o mesmo aconteceu. Uma ou mais causas podem ser identificadas para a ocorrência desse problema, sendo que cada uma delas deve sofrer a pergunta “por que” essas razões ocorreram. Esse questionamento deve ser repetido até se encontrar definitivamente a causa raiz do problema, podendo levar aos cinco ou mais porquês, como pode ser visualizado na Figura 2.8 (SLACK, 2009).

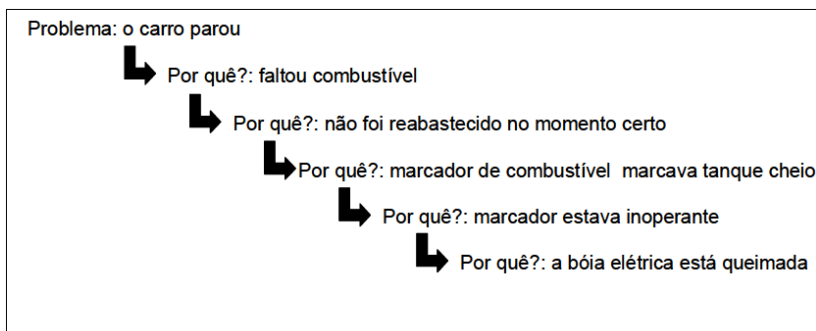


Figura 2. 8 Exemplo de Análise dos 5 Porquês. (Fonte: TERNER, 2008)

O conceito principal desta técnica consiste em trabalhar com a mente humana em um processo para encontrar possíveis soluções para um determinado problema mediante uma série de perguntas que estimulam o pensamento direcionado para este fim (MYSZEWSKI, 2013).

#### 2.4.3.5 5W2H

Para que haja um resultado interessante na resolução de alguma oportunidade de melhoria é necessário evidenciar a importância de um bom planejamento para acompanhar as atividades que serão desempenhadas no decorrer do período avaliado.

Para isso existe a ferramenta do plano de ação, muito utilizada em diversas empresas devido à sua simplicidade e maneira intuitiva de

preenchimento. Ele pode seguir os itens citados da técnica 5W2H, que tem origem na língua inglesa, podendo ser traduzido da seguinte forma segundo MENEZES (2013):

- *What*: O que será feito ou qual o objeto de estudo;
- *Who*: Quem será o responsável por essa atividade;
- *When*: Quando será desempenhada esta ação;
- *Where*: Onde será aplicada a atividade;
- *Why*: Qual a justificativa para realizar a atividade;
- *How*: Como será feita esta ação;
- *How much*: Quanto irá custar.

Na Figura 2.9 é mostrado um exemplo da ferramenta 5W2H que pode ser aplicado.

Contramedida	Responsável	Prazo	Local	Justificativa	Procedimento	Investimento
O quê? What?	Quem? Who?	Quando? When?	Onde? Where?	Porque? Why?	Como? How?	Quanto? How much?
Reduzir interferência na placa de assinantes	João	Abril/2009	Supervisão	Evitar propagação de radiointerferência	Trocando placa tipo A por placa tipo B	R\$ 100.0

Figura 2. 9 Exemplo de um plano de ação utilizando a ferramenta 5W2H  
(Fonte: MENEZES, 2013)

#### 2.4.4 Análise e Solução de Problemas

Diariamente em muitas empresas a rotina de gestores e responsáveis técnicos é dedicada à solução de problemas e tomadas de decisão. Para isso, diversas técnicas podem ser utilizadas para auxiliar na solução de problemas organizacionais (PARENZA, 2004).

A solução do problema é um processo que segue uma sequência lógica, começando pela identificação do problema, continuando pela análise e terminando com a tomada de decisão. Um procedimento padrão para análise e solução de problemas que contemple comunicação, compartilhamento de informações e experimentação conduz a resultados melhores, ou seja, a causa raiz do problema é eliminada, ações de prevenção são consideradas e, com isso, as melhorias são sustentáveis (GHOSH e SOBEK, 2002).

A utilização de um método de solução garante diversos benefícios. Dentre eles, pode-se citar a melhoria na comunicação entre os membros do grupo e dos diferentes departamentos que advém do uso de uma linguagem e processo de resolução de problemas em comum, e um aumento da eficiência na resolução de problemas, obtidos através de um método comprovado para se achar as verdadeiras causas dos problemas. Com o uso de uma metodologia aumenta-se a probabilidade de resolver satisfatoriamente um problema (ROSSATO, 1996). Entretanto, a aplicação de uma metodologia de análise e solução de problemas não garante uma solução definitiva dos problemas (ROSSATO, 1996), conforme listado abaixo:

- Em muitas ocasiões, as causas para os efeitos indesejáveis são descobertas, porém as ações tomadas não são totalmente eficazes;
- Pode ocorrer apenas a minimização dos efeitos indesejáveis a níveis passíveis de serem suportados e/ou mantidos sob controle;
- Existem problemas que são complicados de solucionar e ultrapassam os conhecimentos dos grupos de trabalho;
- Às vezes há a necessidade de pesquisas mais detalhadas com a utilização de técnicas e ferramentas mais sofisticadas ou consultas a empresas terceirizadas especializadas;
- Outras vezes são requeridas mudanças radicais ou reengenharia nos processos para que os problemas possam ser eliminados.

Neste subitem serão abordados o Método de Análise e Solução de Problemas (MASP), o Relatório A3 e as Oito Disciplinas como exemplos desses métodos.

#### **2.4.4.1 MASP**

O método de análise e solução de problemas (MASP), como é conhecido no Brasil, teve sua origem no Japão, na cidade de Komatsu, onde residia Kaoru Ishikawa. Ele era um procedimento para elaboração de relatórios, por meio dos quais as pessoas reportavam os resultados das melhorias obtidas no âmbito da qualidade, e os chamavam de “*the quality control story*” (a história do controle da qualidade). A partir desses relatórios surgiu o nome pelo qual esse método é mundialmente

conhecido como *QC Story* (SUGIURA e YAMADA, 1995 *apud* CORTADA, 2005).

O MASP tornou-se um método muito difundido na solução de problemas pela sua facilidade de uso e compreensão, tornando-se popular nas empresas. Esse método possibilita a organização das atividades de uma empresa, bem como aumenta a eficiência de suas atividades de melhoria da qualidade, além de estar em plena sintonia com o método de controle e gerenciamento de processos utilizado no TQC, que é o ciclo PDCA. O MASP um método que todos os funcionários de uma empresa, do presidente ao operador, deveriam conhecer e dominar para que toda a empresa fosse composta por excelentes solucionadores de problemas (CAMPOS, 1992) (SUGIURA e YAMADA, 1995 *apud* CORTADA, 2005).

O MASP é composto por diversas etapas, e sua estrutura pode ser embasada no ciclo PDCA, conforme mostrado na Figura 2.10.

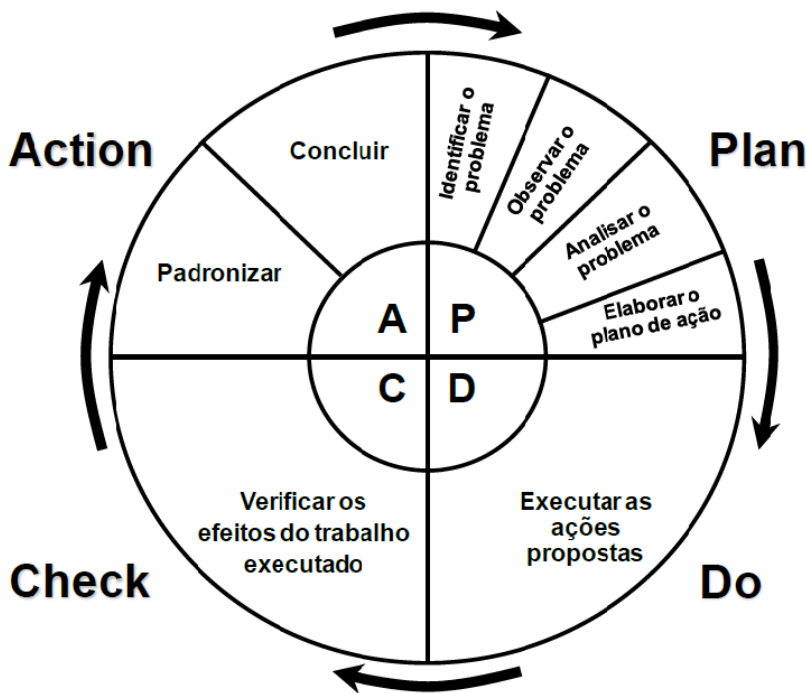


Figura 2. 10 Etapas do MASP estruturadas na base PDCA (Fonte: CAMPO, 1992 e MENEZES, 2013)



O ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) teve sua origem com Walter A. Shewart na década de 1920, porém passou a ser mais conhecido como o ciclo de Deming em 1950, por este ter difundido o método PDCA (BAUER *et al.*, 2002 *apud* TERNER, 2008) (CAMPOS, 1992). O ciclo PDCA é composto por quatro fases básicas (CAMPOS, 1992 e RIBEIRO NETO, 2013):

- P – *Plan*: Planejar = Fase do processo em que se determina como o problema será avaliado e resolvido;
- D – *Do*: Fazer = Executa-se aquilo que foi planejado, onde a solução é implementada;
- C – *Check*: Checar / Verificar = Os resultados são avaliados de forma crítica, avaliando se os mesmos foram atingidos ou não;
- A – *Act*: Agir / Atuar corretivamente / Padronizar = Fase em que as melhorias são obtidas e as ações futuras são planejadas objetivando a padronização.

Uma das grandes importâncias do *QC Story* é o fato dele apresentar no seu conteúdo muitos dados gráficos, numéricos e informações alocadas em uma sequência lógica e bem organizadas, ajudando na tomada de decisões e evitando situações baseadas no sentimento e no bom senso de alguns participantes (CAMPOS, 1992).

O MASP pode ser dividido em oito etapas, as quais são mostradas na Figura 2.11.

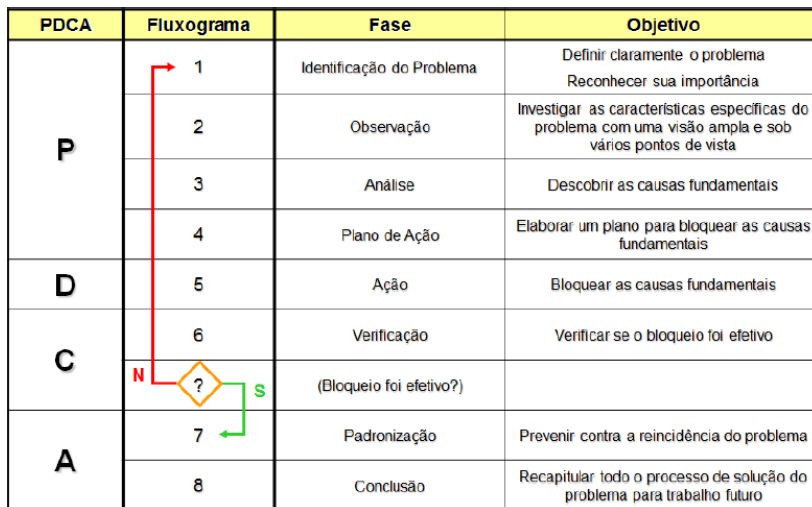


Figura 2. 11 Etapas do MASP (Fonte: CAMPOS, 1992 e MENEZES, 2013)

A seguir cada uma das etapas do MASP será explicada de maneira breve (CAMPOS, 1992) (MENEZES, 2013) (RIBEIRO NETO, 2013):

1. Identificação do problema: Esta etapa deve ser feita de maneira clara e objetiva, e costuma-se dizer que se o problema for bem definido, a solução torna-se mais fácil. Deve-se levantar todos os dados relacionados ao problema, como ele ocorre e com que frequência, evidenciando-se as perdas existentes e possíveis ganhos. Logo em seguida deve-se especificar o responsável pelo MASP e a meta, para acompanhamento de todos os envolvidos;
2. Observação: Nesta etapa busca-se descobrir as características do problema mediante a observação do contexto onde ele ocorre. Nesta fase é muito importante coletar informações que podem ser úteis para direcionar um processo de análise que será feito na etapa seguinte, buscando por evidências da ocorrência do problema;
3. Análise: Nesta etapa são determinadas as verdadeiras e principais causas do problema. Se não forem bem definidas pode-se ocasionar perda de tempo, elevando os custos do processo. Devem-se utilizar diversas ferramentas da qualidade que busquem gerar uma série de

suposições do problema e, em seguida, fazer o teste de hipóteses para confirmar as causas e ver se elas realmente são as responsáveis;

4. Plano de ação: Nesta etapa definem-se ações de bloqueio para eliminar as causas fundamentais do problema, e não somente seus efeitos. Muitas vezes, devido à complexidade da situação em que o processo se encontra, pode existir um conjunto de possíveis soluções e, por isso, devem ser priorizadas as ações principais de combate ao problema. Posteriormente deve ser definido um cronograma para essas atividades, junto com um responsável por cada ação;
5. Ação: Esta etapa é responsável por divulgar as ações de forma clara para que todos os envolvidos estejam cientes, explicando a razão de cada uma das atividades. Devem ser executadas ações registrando os resultados, sejam eles positivos ou negativos;
6. Verificação: Nesta etapa são comparados os resultados obtidos, utilizando os dados antes e depois das ações de bloqueio, notando se houve uma redução do problema avaliado. Nota-se a presença ou não de efeitos secundários que possam ser indesejados nesse processo. Caso o problema não tenha sido sanado, então houve alguma falha na elaboração do MASP, e deve-se voltar à etapa de observação;
7. Padronização: Após avaliar que as atividades executadas conduziram a um efeito satisfatório, é necessário torná-las um novo método de trabalho. Esta padronização é necessária para evitar a reincidência do problema pela falta de padrão, ou então pela vinda de novas pessoas para executarem a atividade. Devem ser feitas revisões nos documentos e todos os envolvidos devem ser treinados nesse novo procedimento. Para garantir o cumprimento deste novo padrão é importante efetuar verificações periódicas desse processo;
8. Conclusão: O objetivo desta etapa é basicamente rever todo o processo de solução de problemas e planejar trabalhos futuros, identificando oportunidades de melhoria no processo avaliado e também no modo de condução deste método.

#### 2.4.4.2 Relatório A3

“Esta é uma ferramenta da Toyota Motor Corporation utilizada para propor soluções para os problemas, disponibilizar relatórios da situação de projeto em andamento e relatar a atividade de coleta de informações. Ela começou a ser usada em trabalhos de pesquisas para o sistema de desenvolvimento do produto na Toyota e, depois, começou a ser usada tão livremente pela empresa que se tornou uma peça chave para o programa de melhorias contínuas devido à sua eficácia, sendo inspirado pelo PDCA” (SOBEK e JIMMERSON, 2004) (TERNER, 2008).

O relatório A3 é assim chamado por ser descrito em um papel com tamanho A3, e tem o seu sequenciamento de cima para baixo, da esquerda para a direita, composto por diversas “caixas” que podem alterar o nome dos cabeçalhos. Existem nove passos fundamentais para a implementação do método A3 (GHOSH e SOBEK, 2002), as quais são:

1. Observar o processo atual;
2. Desenhar um diagrama para representar a condição atual;
3. Determinar as causas raízes do problema através do uso dos cinco porquês;
4. Desenvolver contramedidas para a causa raiz do problema;
5. Desenhar um diagrama da condição futura idealizada pelas partes envolvidas;
6. Planejar a implementação;
7. Discutir os passos anteriores com as partes envolvidas;
8. Implementar as ações planejadas;
9. Coletar os dados obtidos no novo processo implementado e compará-los com os objetivos pré-estabelecidos.

Relacionando o método A3 com o PDCA pode-se afirmar que os passos um até sete referem-se ao “Planejar”, o passo oito ao “Fazer” e o passo nove ao “Verificar”. O item referente a “Implementar” do PDCA seria a criação de um novo padrão de trabalho, caso seja necessário (GOSH e SOBEK, 2002) (TERNER, 2008).

Após apresentar as etapas para implementar o método, uma sequência de implementação é a seguinte: tema, histórico, condição atual, análise da causa raiz, condição objetivo, plano de implementação

e acompanhamento dos resultados (Figura 2.12) (SOBEK e JIMMERSON, 2004).

Modelo de relatório A3

Tema: O que se pretende fazer															
<u>Histórico:</u> - Histórico do problema - Contexto necessário para um perfeito entendimento - Importância do problema	<u>Condição objetivo:</u> - Diagrama do processo proposto - Contra-medidas - Objetivos mensuráveis (quantidade, tempo)														
<u>Condição Atual:</u> - Diagrama da situação atual - Aspectos do sistema que não ideais - Resultados mensuráveis do problema	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="4" style="padding: 2px;">Plano de Implementação</th> </tr> <tr> <th style="width: 25%; padding: 2px;">O que?</th> <th style="width: 25%; padding: 2px;">Quem?</th> <th style="width: 25%; padding: 2px;">Quando?</th> <th style="width: 25%; padding: 2px;">Onde?</th> </tr> <tr> <td style="height: 60px;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			Plano de Implementação				O que?	Quem?	Quando?	Onde?				
Plano de Implementação															
O que?	Quem?	Quando?	Onde?												
Custo:															
<u>Análise da causa:</u> - Lista dos problemas - Causa raiz ou a mais provável <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">           Por quê?           <div style="display: inline-block; width: 150px; height: 40px; border: 1px solid black; margin: 0 auto;"></div>           Por quê?         </div>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="padding: 2px;">Acompanhamento</th> </tr> <tr> <th style="width: 50%; padding: 2px;">Plano</th> <th style="width: 50%; padding: 2px;">Resultados Atuais</th> </tr> <tr> <td style="padding: 5px; vertical-align: top;">           - Como os efeitos serão verificados?            - Quando eles serão verificados?         </td> <td style="padding: 5px; vertical-align: top;">           - Comparar resultados com as expectativas            - Verificar os prazos         </td> </tr> </table>			Acompanhamento		Plano	Resultados Atuais	- Como os efeitos serão verificados? - Quando eles serão verificados?	- Comparar resultados com as expectativas - Verificar os prazos						
Acompanhamento															
Plano	Resultados Atuais														
- Como os efeitos serão verificados? - Quando eles serão verificados?	- Comparar resultados com as expectativas - Verificar os prazos														

Figura 2. 12 Modelo de relatório A3 (Fonte: Adaptado de SOBEK e JIMMERSON, 2004 e TERNER, 2008)

Comentando cada um tópicos mais detalhadamente, o tema deve abordar o título do problema sendo bem descritivo. Já o histórico deve conter o que é essencial para o entendimento e extensão do problema, como o sintoma do problema, partes envolvidas e porque o mesmo é importante para os objetivos da empresa. No item condição atual os autores SOBEK e JIMMERSON (2004) comentam que é a informação mais importante de um relatório A3, pois nela se evidencia como o problema ocorre atualmente usando-se diagramas de fácil entendimento. É importante que o responsável pela elaboração do diagrama desenhe-o para aprofundar o conhecimento dele e de quem está visualizando, aprendendo através de observações diretas. Outro ponto importante que vale ressaltar é que ao fazer o diagrama do sistema analisado, os

esforços para a solução de problemas estarão focados no sistema e não nas pessoas.

Abordando sobre a análise da causa, uma técnica bem usual que se utiliza nesta fase é o método dos cinco porquês. Nele consegue-se chegar ao motivo da origem do problema, porém não pode ser feito superficialmente, respondendo apenas a um ou dois porquês, pois assim não chegará ao foco do problema. Para se ter certeza de que se chegou à causa raiz, Spear e Bowen (1999) sugerem um questionamento de três princípios de projeto de sistemas organizacionais: O trabalho foi especificado de acordo com conteúdo, sequência, tempo e resultado? As conexões entre as áreas são claras, diretas e imediatamente compreendidas? As rotas realizadas pelos produtos/serviços são simples, diretos e ininterruptos, e todas as etapas agregam valor? O tópico da condição objetivo deve-se também ser representado por um diagrama do processo com a situação almejada inserindo todas as contramedidas necessárias para eliminar a causa raiz do problema. O item seguinte é o plano de implementação, que contempla as atividades que devem ser realizadas junto com os seus responsáveis para se atingir o estado futuro.

Por último faz-se o acompanhamento dos resultados por meio da análise dos indicadores necessários para mensurar o desempenho do sistema, comprovando que a situação atual é melhor ou não do que a situação anterior às ações. É importante mencionar que os indicadores devem fornecer uma previsão realista dos resultados. Caso os resultados previstos não sejam atingidos pode-se fazer um novo relatório A3 (SOBEK e JIMMERSON, 2005).

Podem ser citadas algumas vantagens desse método em relação aos demais, visto que ele requer a documentação de como realmente o trabalho acontece, observando de perto a situação e, assim, evita-se que pequenos detalhes do local de trabalho passem despercebidos, causando ineficiências ou questões de qualidade. Essa aproximação no local de trabalho permite que as pessoas que trabalham em sua volta possam colaborar na resolução dessas dificuldades. A representação visual dos ícones e diagramas aproxima esta avaliação dos sistemas reais quando comparado com outras representações como fluxogramas, facilitando o entendimento de todos os envolvidos (JIMMERSON et al., 2004).

### 2.4.4.3 Oito Disciplinas

O método das Oito Disciplinas (8Ds) é uma ferramenta da manufatura enxuta desenvolvida pela Ford Motor Company em 1987, tendo como foco a resolução de problemas orientada para equipes, buscando identificar, corrigir e eliminar a repetição de problemas melhorando processos e produtos. Ela surgiu devido à reincidência de um mesmo problema ano após ano na linha de montagem da Ford (CORTADA, 2005).

O intuito desta metodologia é trabalhar com problemas desvendando fraquezas e deficiências nos sistemas de gerenciamento e de controle da qualidade que permitiram a ocorrência do problema pela primeira vez. Para isso, são descritas abaixo as oito disciplinas segundo o ASQ (2015):

D0 – Plano para solução de um problema e seus pré-requisitos;

D1 – Montar a equipe de trabalho: deve-se formar uma equipe multifuncional que tenha conhecimento e habilidades para solucionar o problema;

D2 – Descrever o problema: especifica-se o problema por meio da identificação em termos específicos e quantificáveis (ferramenta 5W2H);

D3 – Desenvolver plano de contenção provisória: implementam-se as ações provisórias para estancar o problema e evitar que ele chegue ao próximo cliente até que se definam as ações definitivas;

D4 – Identificar e verificar a causa raiz: identificam-se todas as prováveis causas que poderiam explicar a ocorrência do problema, apontando as causas e seus possíveis efeitos gerando ações corretivas sobre as mesmas. Pode-se usar os cinco porquês ou o diagrama de Ishikawa para mapear as causas. Neste ponto deve-se separar a causa raiz que gerou o problema e a causa da não detecção do problema;

D5 – Eleger e verificar as ações corretivas: deve-se verificar se as ações levantadas corrigiram o problema e não geraram efeitos secundários indesejados;

D6 – Implementar e validar as ações corretivas: deve-se definir os controles para se assegurar que se eliminou a causa raiz;

D7 – Tomar ações preventivas: modificar os sistemas de gestão, sistemas de operação, práticas e procedimentos para prevenir a recorrência deste e de todos os problemas semelhantes.

D8 – Parabenizar a equipe de trabalho: deve-se reconhecer o esforço e o resultado do trabalho divulgando o aprendizado para toda a organização.

Alguns pontos fortes desse método é que ele apresenta uma proposta eficaz para encontrar a causa raiz do problema, possibilitando implementar ações corretivas necessárias, além de lidar com dificuldades reincidentes, principalmente defeitos e questões de garantia. Esse método difere dos demais no sentido que ajuda a explorar o sistema de controle que facilitou a ocorrência do problema e não o detectou. Deve-se mencionar que este método não tem a intenção de substituir ou de se portar como um sistema completo da qualidade (TERNER, 2008 e CORTADA 2005).

## **2.5 Conclusões e Comentários**

Neste capítulo foram descritos os principais pólos industriais de revestimentos cerâmicos no Brasil e no mundo, proporcionando uma visão geral de como anda a produção e comercialização deste setor.

Também foi apresentado um breve relato do processo produtivo destes produtos explicando cada uma das etapas, evidenciando as suas formas de controle, dificuldades e características técnicas.

Após este item foi explanado como pode ser feita a gestão de estoques e o que significa um SKU numa empresa de revestimentos cerâmicos.

Logo em seguida, comentou-se sobre a história da qualidade e algumas definições segundo alguns autores e, também, foram abordadas as ferramentas da qualidade como diagrama de Pareto, *brainstorming*, diagrama de Ishikawa, análise dos cinco porquês e 5W2H.

Finalizando o capítulo foram relatadas as metodologias de análise e solução de problemas como o MASP, relatório A3 e as oito disciplinas, expondo como funciona a sua estrutura e aplicação, além de comentar os possíveis pontos fortes e fracos de cada método citado.



### **3 METODOLOGIA ABORDADA NO ESTUDO**

O presente trabalho foi desenvolvido em uma empresa de revestimentos cerâmicos situada no estado de Santa Catarina, mais especificamente na unidade de produção de porcelanatos esmaltados. As linhas de produção fazem diferentes produtos que podem alterar a forma como são prensados, tendo diferentes tamanhos, relevos, matrizes e punções de conformação. Há diversos tipos de esmaltes e aplicações, serigrafias e impressão de desenhos nas peças, bem como acabamentos ainda na linha de esmaltação através de rebarbadores, escovas e sopradores. Pode ainda haver algum tipo de variação entre um produto e outro na sinterização, pois pode haver diferentes curvas de queima, ou seja, diferentes maneiras de sinterizar cada produto dentro de um forno cerâmico. Como etapa de acabamento final, pode haver o polimento, escovação, retificação e/ou impermeabilização da superfície de um determinado produto se houver essa especificação na ficha técnica do mesmo, documento esse que estabelece quais padrões e itens que devem estar presentes neste determinado produto.

Observou-se que, na unidade de fabricação de porcelanatos esmaltados, existiam algumas metas que não estavam atingindo o resultado almejado. Para sanar alguns entraves que impossibilitavam o atingimento dessas metas, foi utilizada a técnica de Método de Análise e Solução de Problemas (MASP), que tem sido utilizada com sucesso por diversas empresas visando solucionar problemas de qualidade.

#### **3.1 Método de Análise e Solução de Problemas (MASP)**

A dinâmica de implantação do MASP consistiu primeiramente em treinar todas as pessoas envolvidas no processo de análise dos problemas estudados, envolvendo diferentes áreas da empresa, podendo-se citar: produção, mineração, pesquisa e desenvolvimento, planejamento e controle da produção e, o sistema de gestão da qualidade, este último responsável pela capacitação de todas as áreas citadas mediante palestras e dinâmicas em grupo.

Após o treinamento com todos os setores envolvidos, o grupo tornou-se capaz de elaborar o MASP dos referidos problemas e, dessa forma, estruturar a linha de raciocínio de maneira mais organizada e eficaz para atingir a causa raiz do estudo.

A estrutura do formulário criado para implantação, registro e acompanhamento pode ser observada na Figura 3.1.

MASP - MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS					MASP - MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS																																																																					
<b>TEMA</b>	Categoria	Tipo	Título/Descrição		<b>4.3 Análise 5 Por quais</b>																																																																					
Base abstrata:	Lábica	Sistema	Equipamento	Produto/Forma	Análise de causas, detalhando no máximo do tema escolhido até chegar a causas raíz.																																																																					
<b>1 - EQUIPE</b> Nome, função: Líder: _____ Participante: _____ Participante: _____ Participante: _____					<table border="1"> <tr> <th>Tema</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> <tr><td>1º Porque</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2º Porque</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3º Porque</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4º Porque</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5º Porque</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>					Tema	1	2	3	4	5	1º Porque						2º Porque						3º Porque						4º Porque						5º Porque																																		
Tema	1	2	3	4	5																																																																					
1º Porque																																																																										
2º Porque																																																																										
3º Porque																																																																										
4º Porque																																																																										
5º Porque																																																																										
<b>2 - DESCRIÇÃO DO PROBLEMA</b>																																																																										
Descrever em detalhes a descrição detalhada, relatando com o GAP a situação e situação atual e a corrigida.																																																																										
<b>3 - AÇÕES DE BLOQUEIO</b>																																																																										
Ações tomadas, Ex: mudança de frequência de inspeção, lock-up, troca de ferramenta, etc.																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ação de contenção</th> <th>Quant</th> <th>Quando</th> <th>Status</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>					Ação de contenção	Quant	Quando	Status																																																																		
Ação de contenção	Quant	Quando	Status																																																																							
<b>4 - ANÁLISE DA CAUSA</b>					<b>6 - PLANO DE AÇÃO</b>																																																																					
Analisar o fenômeno e origem do problema, comportamento e causas					Ações para evitar a recorrência do problema - atacar a causa raíz																																																																					
Apresentam mudanças alternativas recorrentes no processo? ( ) Não ( ) Sim Qual: _____ É um problema frequente? ( ) Não ( ) Sim - Existe algum problema semelhante? ( ) Não ( ) Sim Qual: _____					<table border="1"> <thead> <tr> <th>1º</th> <th>Descrição da Ação</th> <th>Quant</th> <th>Quando</th> <th>Status</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>2</td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>3</td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>4</td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>5</td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>6</td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>7</td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>8</td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>9</td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>10</td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>11</td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>12</td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>					1º	Descrição da Ação	Quant	Quando	Status	1					2					3					4					5					6					7					8					9					10					11					12				
1º	Descrição da Ação	Quant	Quando	Status																																																																						
1																																																																										
2																																																																										
3																																																																										
4																																																																										
5																																																																										
6																																																																										
7																																																																										
8																																																																										
9																																																																										
10																																																																										
11																																																																										
12																																																																										
<b>4.1 BRAINSTORMING</b>																																																																										
Listar as principais hipóteses da ocorrência do problema																																																																										
1	6	11																																																																								
2	7	12																																																																								
3	8	13																																																																								
4	9	14																																																																								
5	10	15																																																																								
<b>4.2 DIAGRAMA DE ISHIKAWA</b>																																																																										
Organizar as ideias geradas no brainstorming, separando por categoria. Selecionar as causas mais prováveis e atuar as 5 principais.																																																																										
<table border="1"> <tr> <td>Medida</td> <td>Mão de Obra</td> <td>Máquina</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4"> </td> </tr> <tr> <td>Meio Ambiente</td> <td>Material</td> <td>Método</td> <td></td> </tr> </table>					Medida	Mão de Obra	Máquina						Meio Ambiente	Material	Método		<b>6 - VERIFICAÇÃO DE RESULTADOS</b> Realizar a eficácia das ações, comparando os resultados esperados. Todos as ações foram implementadas? ( ) Sim ( ) Não Os resultados esperados foram alcançados? Existem Processos semelhantes onde as ações podem ser replicadas? Onde pode ser replicada a ação?																																																									
Medida	Mão de Obra	Máquina																																																																								
Meio Ambiente	Material	Método																																																																								
					<b>7 - AÇÕES PREVENTIVAS</b> Realização e validação das ações para prevenir a recorrência do problema. Deve-se relacionar os documentos existentes caso necessário a revisão, também relacionar a necessidade de novos documentos. <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Documentação</th> </tr> <tr> <th>Instrução de trabalho</th> <th>Norma</th> <th>Revisão</th> <th>Responsável</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>					Documentação				Instrução de trabalho	Norma	Revisão	Responsável																																																									
Documentação																																																																										
Instrução de trabalho	Norma	Revisão	Responsável																																																																							
<b>8 - ENCERRAMENTO</b>																																																																										
Considerações																																																																										
<table border="1"> <tr> <td>Data Encerramento</td> <td>Aprovação do superior imediato</td> <td>Data Aprovação</td> <td>Assinatura Responsável de encerramento e registro do MASP</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>					Data Encerramento	Aprovação do superior imediato	Data Aprovação	Assinatura Responsável de encerramento e registro do MASP																																																																		
Data Encerramento	Aprovação do superior imediato	Data Aprovação	Assinatura Responsável de encerramento e registro do MASP																																																																							

Figura 3. 1 Formulário MASP utilizado na empresa estudada (Fonte: Empresa)

Este material de apoio foi impresso no formato A1, para facilitar o acesso e visualização de todos os envolvidos na elaboração do documento e, também, para que posteriormente se tenha uma gestão visual mais clara e eficiente do andamento dos trabalhos listados.

Para explicar cada um dos tópicos presentes no MASP criado pela empresa estudada, será ampliado cada item do documento para uma melhor visualização.

### 3.1.1 Tema

Na Figura 3.2 verificam-se os primeiros itens a serem preenchidos no MASP, que serão incluídos no banco de dados das

futuras consultas quando houver a necessidade de comparar atividades semelhantes nos demais setores da empresa. Existe um espaço para a numeração dos MASP's elaborados na empresa no canto superior direito do cabeçalho para facilitar a procura dos mesmos.

MASP - MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS					Nº
<b>TEMA</b>	Categoria	Tipo		Falha/Defeito/Descrição	
Data abertura:	Fábrica	Setor/Linha	Equipamento	Produto/Formato	
<b>1 - EQUIPE</b>		(Nome, função)			
Lider:			Participante:		
Participante:			Participante:		
Participante:			Participante:		
<b>2 - DESCRIÇÃO DO PROBLEMA</b>			Descrever os desvios e descrição detalhada, relatando com o GAP em relação a situação ideal e a encontrada.		

Figura 3. 2 Ampliação dos itens Tema, Equipe e Descrição do Problema do MASP (Fonte: Empresa)

- Categoria: Neste item deve-se descrever a área à qual pertence o objeto de estudo do caso investigado. Como exemplo pode-se citar Qualidade, Processo, Produção, Segurança, Manutenção, Financeiro, etc.
- Tipo: Caso a categoria focada no trabalho poder ser dividida, há a opção de distribuí-la em um tipo. Por exemplo: Segurança é uma Categoria, a qual pode ser dividida nos seguintes Tipos: Acidente com afastamento, Acidente sem afastamento, Acidente de trajeto, ou Incidente. Outro exemplo é a Categoria Processo, que pode ser dividida nos Tipos Prensas, Linhas ou Fornos.
- Falha/Defeito/Descrição: Neste item cita-se a característica ou comportamento do problema estudado, podendo ser um defeito no produto final como, por exemplo, uma contaminação da massa cerâmica, uma variação de tonalidade de uma determinada linha de produtos, ou algum desvio de qualidade de uma determinada matéria-prima.
- Data de Abertura: Deve-se informar a data de início das atividades relacionadas ao problema estudado.

- Fábrica: Informar em qual unidade de produção será desenvolvido o MASP.
- Setor/Linha: Caso este tópico seja aplicável, especificar com mais detalhes qual o setor da empresa em que o estudo será feito (por exemplo, Prensas, Linha de produção 35, Controladoria, etc.).
- Equipamento: Neste tópico deve-se relatar o equipamento ou maquinário envolvido. (por exemplo, Impressora Digital, Prensa Hidráulica PH40, etc.).
- Produto/Formato: Se o estudo envolver um determinado produto ou formato, o mesmo deve ser descrito neste item (por exemplo, formato dos revestimentos cerâmicos 60x60cm ou 60x120cm).

### 3.1.2 Equipe

Na formação de uma equipe que irá investigar um determinado problema, é sempre importante reunir pessoas de mais de um setor relacionado ao item estudado, pois dessa forma, diversas perspectivas de análises serão consideradas na verificação e solução da verdadeira causa raiz.

Para encabeçar este trabalho é necessário eleger um líder que será responsável pelas reuniões de análise do problema, sendo que esta pessoa também fará o encaminhamento para aprovação e arquivamento do MASP.

As demais pessoas assumem a função de participante, tendo liberdade para expor as suas opiniões nos temas abordados.

### 3.1.3 Descrição do Problema

Este espaço é destinado à descrição detalhada do problema em análise, comentando, se possível, o impacto originado pelo mesmo em toda a cadeia afetada.

Quanto mais clara e objetiva for feita esta descrição do estudo, mais fácil será a resolução. Sempre que possível, deve-se mensurar variáveis relacionadas ao problema para que todos os envolvidos saibam o ponto de partida do mesmo e onde devem chegar para se ter o resultado esperado. Como exemplo tem-se a falha na aplicação do

impermeabilizante da linha “A”, que representa 5% de perda de qualidade no produto “Y”, sendo que o objetivo é de no máximo 1%.

### 3.1.4 Ações de Bloqueio

Para que se possa dar continuidade ao MASP de maneira organizada, sistemática e eficaz, é necessário estancar o problema em análise para evitar que haja maiores perdas no processo em questão. Para isso, são discutidas no grupo de apoio ações paliativas ou de bloqueio que irão minimizar, conter ou restabelecer o processo avariado. Normalmente essas ações são provisórias e não garantem que o problema será sanado.

Como pode ser observado na Figura 3.3, preenche-se a atividade de contenção acompanhada do nome do colaborador responsável e a data de execução da ação. Na última coluna o “Status” é inserido, informando se a ação foi concluída, cancelada, pendente ou está em andamento.

3 - AÇÕES DE BLOQUEIO		(Ações imediatas. Ex: Mudança de frequência de inspeção, back-up, troca de ferramenta, etc.)		
Ação de contenção		Quem	Quando	Status

Figura 3. 3 Ampliação do item Ações de Bloqueio do MASP (Fonte: Empresa)

### 3.1.5 Análise da Causa

Esta etapa do MASP é considerada uma das mais importantes, pois reúne algumas ferramentas de qualidade que irão auxiliar na identificação da verdadeira causa raiz do estudo, organizando as atividades de trabalho para melhorar a tratativa do tema proposto e, assim, obter êxito ao término do MASP.

Inicialmente, estimula-se recordar através de três perguntas simples possíveis alterações ou mudanças no processo fabril ou administrativo que possam estar relacionados com o problema estudado. Também deve ser anotado se o tema discutido ocorre de maneira recorrente e se existe algo semelhante que já tenha ocorrido no processo

avaliado para que se possa correlacioná-los. Caso a equipe de trabalho relembre algum ponto, este deve ser relatado no espaço observado na Figura 3.4.

4 - ANÁLISE DA CAUSA		Analisar o fenômeno e origem do problema, comportamento e causas	
Ocorreram mudanças/ alterações recentes no processo? (    ) Não (    ) Sim			
Quais: _____			
É um problema frequente? (    ) Não (    ) Sim - Existe algum problema semelhante (    ) Não (    ) Sim			
Qual: _____			
4.1BRAINSTORMING		Levantar principais hipóteses da ocorrência do problema	
1	6	11	
2	7	12	
3	8	13	
4	9	14	
5	10	15	

Figura 3. 4 Ampliação dos itens Análise da Causa e Brainstorming do MASP  
(Fonte: Empresa)

### 3.1.5.1 Brainstorming

Neste tópico é utilizada uma das mais famosas técnicas de geração de ideias, onde todos os participantes, incluindo o líder, discutem as possíveis causas do problema com base na experiência de todos os envolvidos e também das observações feitas nos locais de trabalho e levantamento de fatos e dados.

Algumas regras simples que normalmente são adotadas para se fazer um bom *brainstorming* são:

- Falar livremente às ideias que vierem à cabeça que estejam relacionadas com o problema;
- Não fazer críticas e julgamentos das opiniões alheias para não inibi-las;
- Quanto mais ideias, mais abrangente poderá ser a análise. Neste momento é importante a quantidade;
- Pensar em conjunto para que as pessoas envolvidas possam ajudar o raciocínio uma da outra.

No momento desta troca de experiências, cabe ao líder registrar cada uma das ideias relatadas no campo mostrado na Figura 3.4.

### 3.1.5.2 Diagrama de Ishikawa

Após o levantamento das principais hipóteses da ocorrência do problema através do *brainstorming*, as ideias são organizadas por

categoria de acordo com o modelo do Diagrama de Ishikawa representado na Figura 3.5, podendo ser divididas as hipóteses nas seguintes categorias: Medida; Mão de obra; Máquina; Meio Ambiente; Material; Método.

Desta forma, fica mais simples também a divisão das responsabilidades quando for montado o plano de ação nas etapas seguintes.

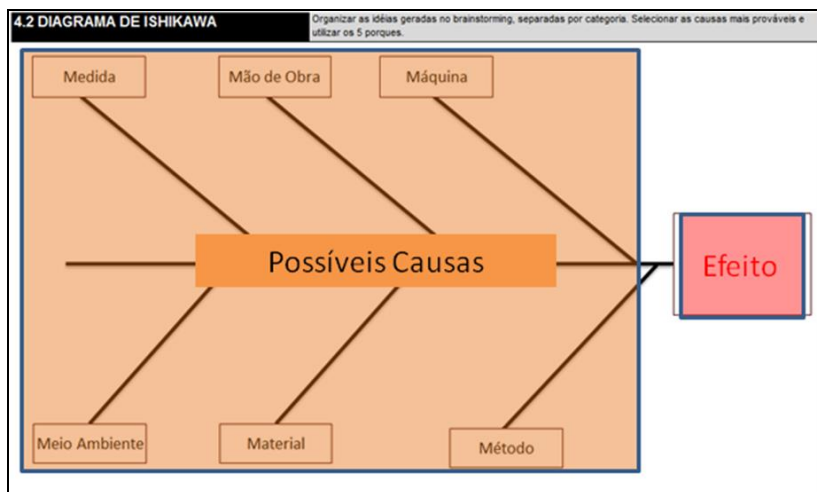


Figura 3. 5 Ampliação do item Diagrama de Ishikawa do MASP (Fonte: Empresa)

### 3.1.5.3 Análise dos 5 Porquês

Após as ideias estarem organizadas por categoria, devem-se selecionar as causas com maior relação com o problema estudado e exercitá-las na ferramenta dos 5 porquês para que haja o desdobramento e reflexão de cada item até chegar à sua causa raiz conforme a Figura 3.6.

Algumas ações que foram levantadas no *brainstorming* que tratam de atividades mais simples como “Ver e Agir” devem ser direcionadas diretamente para o plano de ação.

4.3 Análise 5 Por quês		Análise da causa, desdobrar os motivos do tema escolhido até chegar a causa raiz.			
Tema	1	2	3	4	5
1º Porque					
2º Porque					
3º Porque					
4º Porque					
5º Porque					

Figura 3. 6 Ampliação do item Análise 5 Por quês do MASP (Fonte: Empresa)

### 3.1.6 Plano de Ação

Neste item do MASP, o último porquê, que corresponde às causas raízes encontradas através da ferramenta dos 5 porquês, servirão para detalhar as principais atividades que deverão ser tratadas prioritariamente neste plano de ação. Para as demais hipóteses levantadas durante o *brainstorming* que não foram mencionadas no item anterior, deve-se analisar a sua relevância, e caso sejam consideradas importantes é necessário evitá-las através de alguma ação mencionada neste plano.

O plano de ação é de fácil entendimento e é composto da atividade a ser executada, informando o responsável pela mesma e uma data prevista para finalizar a sua execução. À medida que forem feitas as reuniões para acompanhamento, pode-se preencher na coluna de “Status” se a ação estiver concluída, pendente, cancelada ou em andamento (Figura 3.7).



5 - PLANO DE AÇÃO		(Ações para evitar a recorrência do problema - atacam a causa raiz)		
Nº	Descrição da Ação	Quem	Quando	Status
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

Figura 3. 7 Ampliação do item Plano de Ação do MASP (Fonte: Empresa)

### 3.1.7 Verificação de Resultados

Neste item verifica-se se as ações levantadas e realizadas no plano de ação surtiram o efeito desejado, alcançando a meta estipulada no subitem 3.3 deste trabalho. Pode-se assim verificar a presença de indícios de que o impacto deste problema está diminuindo, foi controlado ou eliminado.

Para evidenciar estes resultados são feitas algumas perguntas para a equipe de trabalho, as quais são mostradas na Figura 3.8, onde se verifica a implementação total ou parcial das ações listadas, isto é, se os resultados atingiram o objetivo e se há processos semelhantes em que se possam replicar essas atividades.

Caso o resultado almejado não for alcançado, houve algum erro na aplicação do método, não sendo encontradas as verdadeiras causas raízes dos problemas e, desta forma, o MASP deve ser refeito pelos participantes tendo um cuidado redobrado na análise para que ela seja eficaz.

### 3.1.8 Ações Preventivas

Para isso, deve-se criar ou revisar documentos pertinentes a este estudo e registrá-los no banco de dados do Sistema de Gestão da Qualidade para todo o processo estar uniformizado. Estes documentos devem ser inseridos no campo delimitado na Figura 3.8, informando o nome do documento, se o mesmo é novo ou uma revisão de algum existente, bem como o colaborador responsável por sua atualização ou criação.

Após as atividades descritas anteriormente chega-se ao término do MASP, onde se devem fazer as principais considerações realizadas neste estudo e o aprendizado que se teve no mesmo, enfatizando os pontos de destaque e também possíveis insucessos.

Logo em seguida, preenche-se a data de encerramento e aprovação do MASP, e é coletada a assinatura do aprovador, que normalmente é o superior imediato do líder do MASP ou o gestor da área onde houve o estudo, caso ele concorde com o encerramento do mesmo (Figura 3.8).

Posteriormente ao encerramento, o MASP é encaminhado para a área responsável pelo registro e armazenamento do trabalho.

Para colaborar com a descrição de cada etapa na elaboração do MASP, foi estruturada a Tabela 3.1 que se encontra de fácil acesso aos participantes e serve como um tutorial para o correto preenchimento deste método adotado pela empresa em estudo.

### **3.2 Equipamentos utilizados**

No decorrer deste trabalho alguns equipamentos foram necessários para fazer a análise e identificação de possíveis problemas, os quais foram:

- Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV): Marca Jeol – Modelo JSM – 6390;
- Microscópio Óptico: MO Estereoscópio – Marca Olympus – Modelo SZX – 12;
- Espectrometria por Fluorescência de Raios X: Análise Química FRX – Marca Phillips – Modelo Axios Max;
- Analisador do Tamanho de Partículas por Difração a Laser: Marca Beckman Coulter – Modelo LS13320.

Tabela 3. 1 Guia para preenchimento do MASP. (Fonte: Empresa)

PROCESSO DE SOLUÇÃO DE PROBLEMAS			
ETAPA	TAREFA	DESCRIÇÃO	OBSERVAÇÃO
0	TEMA	Definição do tema a utilizar o MASP, preencher o máximo de informações solicitadas.	O correto preenchimento dessa etapa facilita a criação de um banco de dados dos problemas estudados e resolvidos.
		Categoria	Descrever a categoria a qual o problema se enquadra (ex. Qualidade, Processo, Manutenção, Segurança).
		Tipo	Quando se pode realizar a divisão de uma categoria (Segurança: Afastamento/Trajeto/Incidente) (Manutenção: Elétrica/Mecânica).
		Falha/Defeito/Descrção	Descrever o comportamento do problema, se e ocorre uma falha no equipamento/processo, um defeito no produto. (ex. Falha na aplicação esmalte, peça quebrada/ujá).
		Data de Abertura	Informar a data que foi aberto o MASP.
		Fábrica	Informar a Fábrica ou Fábricas envolvidas no MASP.
		Selo/Linha	Especificar um selo/linha, caso aplicável (Mão-sa/Es malte, linha 30/31).
		Equipamento	Especificar um equipamento, caso aplicável (máquina Tom, TGV, Escolha, Limpeza rolos).
1	EQUIPE	Produto/Formato	Caso aplicável (Ex. Mámore - 60x60 ou 60x120).
		É recomendado uma equipe de no mínimo 2 integrantes para realizar a Análise e Solução.	A equipe poderá ser composta por integrantes do mesmo setor ou setores interligados ao problema. (produção/manutenção, fábrica 1 / fábrica 2).
		Líder	O líder do MASP tem como responsabilidade reunir a equipe para análise e solução do problema. Deverá encaminhar para aprovação e arquivamento do MASP.
		Participante	O Participante contribuirá na investigação, análise e solução do problema.
2	DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	Descrever o desvio que motivou a abertura do MASP. Problema é o impacto gerado ao processo.	Descrever de forma clara e, se possível, mensurável. (Ex. Falha na aplicação de impermeabilizante de 5%, reprovação por erro de etiqueta em 3% ao mês).
3	AÇÕES DE BLOQUEIO	São ações imediatas para restabelecer a produção ou processo, geralmente são ações provisórias.	Ações que geralmente não garantem a não recorrência do problema. São ações temporárias.
4	ANÁLISE DA CAUSA	Analisar a causa do problema é uma das etapas fundamentais para que o MASP tenha sucesso.	Geralmente deve-se observar o processo/máquina até mesmo coletar dados na investigação das causas.
		Brainstorming	Técnica para geração de ideias, a participação de todos é importante, deverá ser anotado as ideias geradas no formulário.
		Diagrama de Ishikawa	Transferir as anotações do brainstorming para o Ishikawa, organizando-as por categorias (Mão-de-Obra, Máquina, Material, Método, Medida e Meio Ambiente).
		Análise dos 5 Porquês	Após analisar o Ishikawa, selecionar as prováveis causas que indicam maior relação com o problema para aplicar a ferramenta dos 5 porquês.
5	PLANO DE AÇÃO	A partir das análises de causas a será definido as ações necessárias para solução do problema.	Deverá conter a descrição da ação (o que fazer), quem vai fazer e quando. O acompanhamento será em reuniões semanais ou conforme o grupo decidir.
6	VERIFICAÇÃO DE RESULTADOS	Relatar a eficácia através dos resultados obtidos. Comparar se existem processos semelhantes que podem receber a mesma ação.	Verificar se todas as ações foram realizadas. Observar e confirmar se o problema foi resolvido ou controlado. Se existe indícios que está diminuindo o impacto.
7	AÇÕES PREVENTIVAS	Padronização e replicação das ações de sucesso em processos semelhantes.	Verificar se existem documentos da ISO para revisão ou criar novos, cadastrá-los no Sistema de Gestão da Qualidade.
8	ENCERRAMENTO	Descrever as principais considerações e aprendizado com a aplicação do MASP. Aprovação do superior e armazenamento do formulário.	Relatar os pontos de destaque. Encaminhar para a área responsável pelo registro e armazenamento do documento.

#### 4 ESTUDO DE CASO 1 – MINIMIZAR A VARIAÇÃO DE TONALIDADES E SKUs EM UMA LINHA DE PRODUTOS

Neste estudo de caso será tratada a variação de tonalidade de uma linha específica de produtos em uma empresa fabricante de revestimentos cerâmicos que, se não for devidamente controlada, acarretará um maior número de SKUs ao término da produção. Isto ocorre porque, a cada vez que surgir uma nova tonalidade ou ocorrer alguma variação no período que o produto estiver produzindo, obrigatoriamente um SKU deverá ser criado para evitar transtornos e possíveis reclamações de clientes.

Para se chegar a essa pesquisa, foi feito um levantamento nos seis primeiros meses do ano de 2014 na empresa estudada de como estava a quantidade de SKUs na fábrica como um todo. Notou-se que os números indicavam um aumento significativo destas unidades de manutenção de estoque, como pode ser visualizado na Figura 4.1.

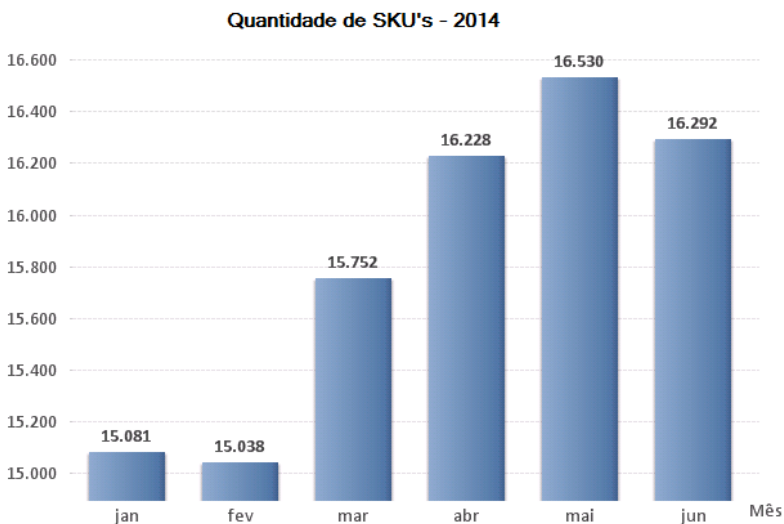


Figura 4. 1 Quantidade de SKUs ao longo de 2014 em toda a empresa estudada  
(Fonte: Autor)

Além do número considerado expressivo pelos gestores da empresa, acima de 16 mil itens diferenciados no estoque, pode-se fazer outra análise deste mesmo período mostrado na Figura 4.2, onde se

avaliou a geração de SKUs mensal e a metragem média por SKU de toda a empresa. Apesar de uma queda nos meses de maio e junho de 2014 na geração de novas unidades de estoque, e um consequente aumento da metragem média por SKU, ainda havia a necessidade de melhorar estes números, em virtude da falta de espaço para armazenamento destes produtos no parque fabril.

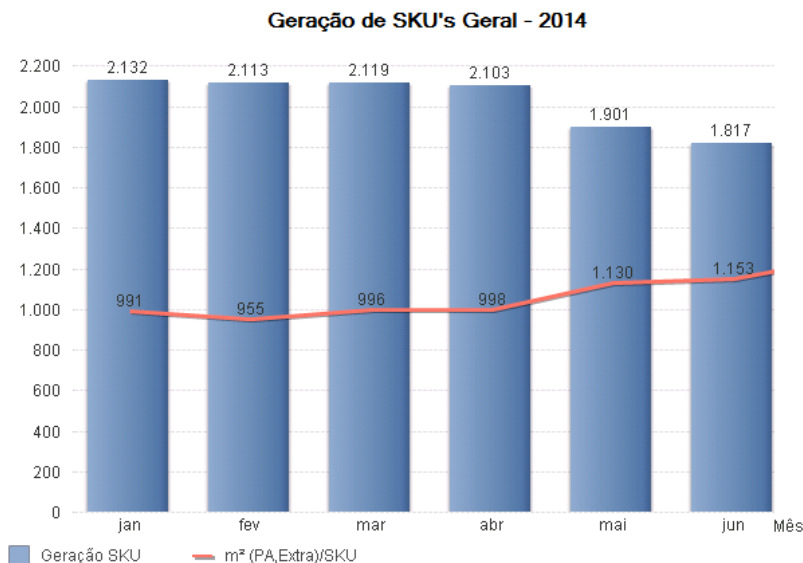


Figura 4. 2 Geração de SKUs e m²/SKU mensal de 2014 em toda a empresa.  
(Fonte: Autor)

Com o objetivo de atuar em uma das causas raízes desse alto índice de SKU, verificaram-se quais eram os dez principais produtos ou família de produtos que mais impactavam este índice elevado no período de janeiro a junho de 2014. Após a análise da Figura 4.3, observou-se que os únicos três produtos que pertenciam à tipologia de revestimentos cerâmicos de porcelanatos esmaltados representavam a mesma família de produtos (Mármore Bianco 60x60), o que tornou um pouco mais fácil verificar onde se deveria enfrentar o problema. Um dos motivos desta família de produtos aparecerem nesta listagem em três pontos diferentes desta relação, sendo um deles o principal produto em geração de SKUs, é que esta família representa um dos produtos mais vendidos da empresa analisada, e a metragem feita durante este período

avaliado é superior às demais. Neste mesmo gráfico pode-se notar que, nos diferentes produtos avaliados, a metragem por SKU representa um valor pouco expressivo, ainda mais quando se observa a família de produtos Mármore Branco 60x60, com valores abaixo de 500m<sup>2</sup>/SKU.

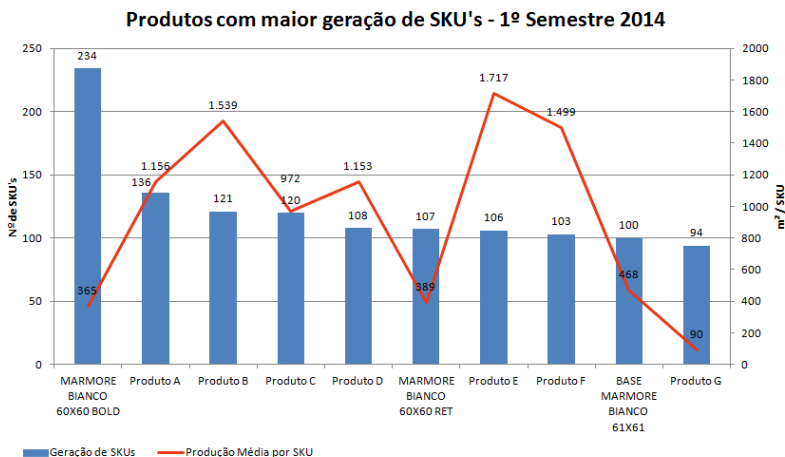


Figura 4. 3 Produtos com maior geração de SKUs em 2014. (Fonte: Autor)

Para um maior entendimento dos SKUs, foi avaliado mais detalhadamente na Figura 4.4 um produto desta família Mármore Branco 60x60 durante os seis primeiros meses de 2014. Pode-se notar que este material oscila entre 1.500 e 2.400 m<sup>2</sup>/SKU, valores estes um pouco acima dos mostrados na figura 4.3 por se tratar de apenas um produto e não de toda a família.

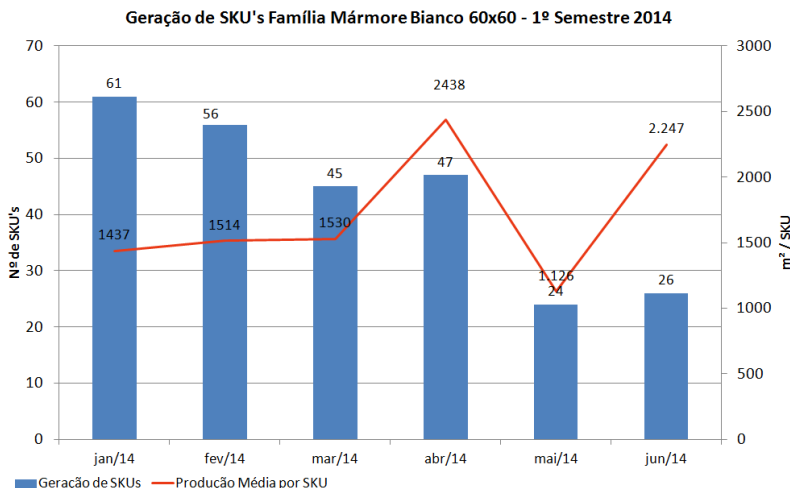


Figura 4. 4 Produto da família Mármore Bianco 60x60 durante o 1º semestre de 2014. (Fonte: Autor)

Em uma indústria cerâmica existem diferentes possibilidades para abertura de um novo SKU, porém neste trabalho serão consideradas duas formas:

- quando há uma mudança no tamanho das peças (P - Pequeno, M - Médio ou G – Grande) previamente controladas e estipuladas na documentação normativa da empresa estudada e também da ABNT NBR 15463:2013, norma que estabelece as características requeridas para fabricação, marcação, declarações em catálogos, recebimento, inspeção, amostragem e aceitação de placas cerâmicas para revestimento do tipo porcelanato;
- através da mudança de tonalidade da superfície do desenho de um produto após o seu processo de queima, onde pode ocorrer alguma alteração na cor dos esmaltes e tintas cerâmicas.

Para que se tenha uma maior participação do setor operacional neste trabalho, motivando todos os participantes na busca por conhecimento e experiência, definiu-se que a tonalidade da família de produtos Mármore Bianco 60x60 deveria ser o alvo de um trabalho mais aprofundado e estruturado para diminuir a quantidade de geração de



SKUs e aumentar a metragem por SKU. Para isto, buscou-se aplicar uma ferramenta que pudesse corrigir esse desvio do processo, e a ferramenta selecionada foi o MASP. As etapas de aplicação do MASP são descritos a seguir.

Na busca pela identificação correta e avaliação de possíveis causas da variação de tonalidade nessa linha de produtos, constituiu-se uma equipe de trabalho que atua diretamente em diversas etapas do processo, dentre as quais se tem: liberação dos produtos para produção, desenvolvimento de esmaltes e tintas, engenharia de processos, e controle de qualidade do produto acabado. Após esta equipe ser formada, foi iniciado o MASP preenchendo as etapas iniciais do “Tema” e “Equipe de Trabalho”, como pode ser visto na Figura 4.5.

MASP - MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS					Nº 3
<b>TEMA</b>	Categoria: <b>Processo / Qualidade</b>	Tipo		Falha/Defeito/Descrição: <b>Variação de tonalidade</b>	
Data abertura: <b>29/08/14</b>	Fábrica: <b>PB2</b>	Setor/Linha: <b>Linha 34 e 35</b>	Equipamento	Produto/Formato: <b>60x60 - Linha Mármore</b>	
<b>1 - EQUIPE</b> (Nome, função)					
Líder:	<b>Daniel</b>		Participante:	<b>Moisés, Sérgio e Cristiane</b>	
Participante:	<b>Cláudio, Maicon</b>		Participante:	<b>Neide, Eduardo, Piva</b>	
Participante:	<b>Jorge, Wagner</b>		Participante:	<b>Anderson Gesser, Marcelo</b>	
<b>2 - DESCRIÇÃO DO PROBLEMA</b>			Descrever os desvios e descrição detalhada, relatando com o GAP em relação a situação ideal e a encontrada.		
<b>Variação de tonalidade na linha Mármore 60x60, podendo ser citado como exemplo, a produção de Agosto de 2014, apresentando 37 tons abertos em 70.000m² de produção, com uma média de 5,3 tons/dia.</b>					

Figura 4. 5 Apresentação do tema, equipe de trabalho e descrição do problema do estudo de caso do capítulo 4. (Fonte: Autor)

Posteriormente, foi descrito o problema no campo nº 2, citando como referência uma produção do mês de agosto de 2014 da linha Mármore 60x60, onde o defeito de variação de tonalidade fez com que fossem abertas 37 tonalidades (também chamadas de “tons”) durante uma produção de 70.000m², o que equivale a uma média de 5,3 tons/dia, considerando que a produção diária é de aproximadamente 10.000m². Cada uma dessas tonalidades abertas pôde ser dividida nos três tamanhos citados (P, M e G), fazendo com que o número de SKUs aumentasse e a metragem por SKU diminuísse significativamente se comparado ao primeiro semestre de 2014 avaliado.

Diante desse mau resultado relacionado à variação de tonalidade, algumas ações imediatas foram implantadas com o intuito de reduzir essa elevada quantidade de SKUs, as quais são mostradas na Figura 4.6.

Na metodologia MASP este item chama-se “Ações de Bloqueio”, em que o registro do que foi feito é muito importante, uma vez que essas ações, caso tenham sido eficazes, poderão ser utilizadas no futuro, e no caso de não terem sido eficazes pode-se servir de aprendizado, partindo-se para outras soluções.

3 - AÇÕES DE BLOQUEIO		(Ações imediatas. Ex: Mudança de frequência de inspeção, back-up, troca de ferramenta, etc.)		
Ação de contenção		Quem	Quando	Status
Sistema de abastecimento da 1ªTCP constante (TCP22359)		Cláudio	Imediato	Concluído
Troca de lâminas serigráficas turno sim e turno não.		Cláudio	Imediato	Concluído
Aumento da camada de engobe - 10 gramas (de 38 - 40g para 48 - 50g)		Cláudio	Imediato	Concluído
Aumento na frequência de inspeção da escolha na avaliação de ton para 1x a cada 30 min. (antes era 1xhora)		Eduardo	Imediato	Concluído
Melhoria no abastecimento de tintas - mistura do retorno com a tinta padrão		Elonir	Imediato	Concluído

Figura 4. 6 Ações de bloqueio do estudo de caso do capítulo 4. (Fonte: Autor)

Entendendo um pouco melhor as ações de bloqueio citadas na Figura 4.6, o sistema de abastecimento de tintas serigráficas (TCPs), que proporcionam o desenho aos revestimentos cerâmicos, teve uma adaptação. A forma usual de abastecimento e uso dessas tintas em linha de esmaltação é a seguinte: as tintas ficam armazenadas em recipientes (grandes ou pequenos baldes), onde existem bombas que direcionam essas tintas para os rolos serigráficos que fazem a decoração propriamente dita nas peças cerâmicas. Essas tintas são repostas à medida que são consumidas, porém quando o nível já está relativamente baixo. As duas ações de bloqueio sobre este aspecto foram: (a) que o abastecimento da primeira tinta serigráfica fosse constante para que o nível não baixasse, pois ela é responsável pela maior parte da decoração do produto estudado, e (b) que houvesse a mistura das tintas que já haviam passado pelo rolo serigráfico, denominadas “tintas de retorno”, com as “tintas padrão”, ou seja, tintas que não haviam passado por este sistema, para que se homogeneizassem melhor e evitassem possíveis oscilações.

As lâminas serigráficas têm a função de espalhar as tintas em toda a extensão do rolo serigráfico, pressionando-o levemente, fazendo com que as tintas penetrem nas incisões dos rolos de maneira adequada para que possam ser aplicadas nas peças cerâmicas uniformemente. Com relação às lâminas serigráficas, não havia um padrão de utilização e troca previamente estabelecido para este produto, sendo que elas eram usadas até o operador concluir que as lâminas estavam muito gastas. Com a aplicação do método, passou-se a trabalhar com as mesmas

lâminas durante dois turnos de trabalho e, no terceiro turno, efetuava-se a troca.

Outra ação de bloqueio empregada foi o aumento em 25% da primeira camada de esmalte que é aplicada sobre as peças cerâmicas (engobe), o que dificulta o aparecimento da cor da massa cerâmica que fica abaixo dos esmaltes e tintas serigráficas, devido à mesma ser mais escura, prejudicando a tonalidade do produto. Isso proporciona uma maior estabilidade na abertura de tonalidades, porém aumenta o custo do produto ao término da produção.

Concomitantemente a essas ações, foi intensificada a frequência da avaliação de tonalidades no setor de escolha, onde se faz a classificação dos produtos. Antes eram feitas inspeções no produto quanto à sua tonalidade de hora em hora e, com o intuito de rastrear melhor uma possível variação, a inspeção passou a ser feita a cada 30 minutos até o término da produção.

Analisando que as ações de contenção não foram suficientes para melhorar a variação de tonalidade, discutiu-se com o grupo de trabalho quais seriam as possíveis causas raízes do problema em estudo através da sequência do MASP. Foi debatido e verificado que não houve alterações significativas no processo, porém era um problema recorrente nas famílias de produtos que se assemelhavam com a família do Mármore 60x60, que utilizam como decoração as tintas serigráficas em rolos de silicone e não a decoração digital. Na decoração digital utiliza-se uma impressora digital que imprime desenhos nos revestimentos cerâmicos mediante jatos de tinta, maneira esta que vem crescendo e ganhando cada vez mais espaço no setor de revestimentos cerâmicos (Figura 4.7).

4 - ANÁLISE DA CAUSA			Análisar o fenômeno e origem do problema, comportamento e causas		
Ocorreram mudanças/ alterações recentes no processo? ( <input checked="" type="checkbox"/> ) Não ( <input type="checkbox"/> ) Sim					
Quais:					
É um problema frequente? ( <input type="checkbox"/> ) Não ( <input checked="" type="checkbox"/> ) Sim - Existe algum problema semelhante ( <input type="checkbox"/> ) Não ( <input checked="" type="checkbox"/> ) Sim					
Qual: Toda linha de produtos que utilizam tintas serigráficas					
4.1BRAINSTORMING			Levantar principais hipóteses da ocorrência do problema		
1	Variação de ton dos esmaltes	7	Falta de padronização na operação dos rolos	13	Problema de manutenção 1ºTCP Rotocollor
2	Baixa camada de engobe	8	Frequência de controles	14	Falha na aditivção de esmalte (resicel)
3	Falta de comparação de tons abertos	9	Alterações de ciclo e °C nos fornos	15	Falha no critério de abertura de ton
4	Falta de opacidade do esmalte	10	Pequenos lotes de tintas	16	Utilização de retorno
5	Desgaste acentuado de rolo	11	Falta de treinamento operacional	17	Tanques com diferentes velocidades de rotação
6	Desgaste da lâmina serigráfica	12	Instabilidade da tinta TCP22359	18	

Figura 4. 7 Análise da causa e brainstorming do estudo de caso do capítulo 4  
(Fonte: Autor)

Para estimular cada vez mais a participação de todos os envolvidos no projeto, deu-se continuidade ao MASP utilizando o *Brainstorming*, que leva as pessoas de maneira natural e espontânea a expor os seus pensamentos e ideias com o intuito de encontrar as principais hipóteses para a causa da variação de tonalidade. Neste momento é muito importante a participação de todos contribuindo com a sua experiência, não havendo críticas ou constrangimentos se for dito algo pouco comum.

Mediante a aplicação do *Brainstorming* foram citadas como possíveis causas da variação de tonalidade da família Mármore Bianco 60x60, conforme a Figura 4.7:

1. Variação de tonalidade dos esmaltes cerâmicos: quando os esmaltes foram coloridos e liberados para a linha de esmaltação, pode ter havido uma falha durante a coloração;
2. Baixa camada de engobe: o engobe é a primeira camada de esmalte aplicada sobre a peça cerâmica após a sua conformação, e suspeitou-se que na linha de esmaltação possa ter ocorrido algum tipo de variação, ou então que para aquele tipo de produto a camada considerada padrão contribuisse para esta variação;
3. Falta de comparação com tonalidades abertas: como são abertas algumas tonalidades durante uma produção, é necessário que se compare umas com as outras para verificar se elas são semelhantes, podendo ser combinadas em uma única tonalidade ou então serem duas distintas;
4. Falta de opacidade do esmalte: desconfiou-se que a segunda camada de esmalte pudesse estar muito transparente, o que facilitaria a variação;
5. Desgaste acentuado de rolo serigráfico: como os rolos são feitos de silicone e são abrasados pelas lâminas para espalhar as tintas, além das peças cerâmicas passarem por eles, podendo ter uma vida útil mais curta do que se espera;
6. Desgaste da lâmina serigráfica: as lâminas poderiam estar com a qualidade inferior do que a desejada, ou o parâmetro de trabalho estaria desregulado, fazendo com que a lâmina pressionasse demasiadamente o rolo, contribuindo para o seu desgaste;
7. Falta de padronização na operação dos rolos serigráficos: o procedimento de trabalho neste equipamento não é

efetuado de maneira uniforme pelos colaboradores envolvidos nesta atividade;

8. Frequência de controles: supôs-se que os controles estabelecidos para a produção desta linha de produtos estava aquém do ideal;
9. Alterações de ciclo e temperatura dos fornos cerâmicos: com o decorrer da produção, às vezes é necessário realizar pequenos ajustes na curva de queima dos produtos, variando a temperatura de queima e também o tempo de permanência das peças dentro do forno, ou seja, o ciclo de queima. Isto pode levar a diferentes propriedades dos produtos, incluindo a variação de tonalidade;
10. Pequenos lotes de tintas serigráficas: quando não são feitas tintas em uma quantidade suficiente para suprir toda a produção de um determinado produto, são necessárias novas remessas das mesmas, e isso pode acarretar a variação de tonalidade;
11. Falta de treinamento operacional: como a produção trabalha 24 horas por dia, diferentes pessoas participam desse processo e, caso elas não estejam adequadamente treinadas e não atuem de maneira padronizada, pode-se originar alguma variação no produto;
12. Instabilidade da tinta serigráfica TCP22359: esta tinta é a que mais aplica a decoração sobre o produto, e qualquer alteração que ela tenha, seja em sua composição, seja da forma como é aplicada, ela provavelmente afetará a tonalidade;
13. Problema de manutenção no equipamento da tinta TCP22359: levantou-se a hipótese que o equipamento “Rotocollor” (onde são suspensos os rolos serigráficos e fazem a passagem das peças cerâmicas através de esteiras e/ou correias) estivesse com algum problema que prejudicasse aplicação das tintas, principalmente da TCP22359, que é a primeira camada de tinta;
14. Falha na aditivação de esmalte: julgou-se que poderia haver falta ou excesso de aditivos nas camadas de esmaltes que pudessem interferir na aplicação dos mesmos;
15. Falha no critério de abertura de tonalidade: devido à falta de alinhamento de informações da área operacional com os setores de liberação de produto e controle de qualidade de

- produto acabado, pode-se estar abrindo uma quantidade maior de tons numa determinada produção;
16. Utilização do retorno da tinta serigráfica: alguns operadores poderiam estar utilizando o retorno das tintas de forma errônea, não as separando para posteriormente corrigir a sua cor e adequá-las novamente à tinta padrão, pois, com o passar do tempo, a evaporação das peças cerâmicas que percorrem a linha de esmaltação podem formar gotículas e se misturar às tintas, alterando gradativamente a sua cor;
  17. Tanques de esmaltes e tintas serigráficas com diferentes velocidades de rotação ou sem rotação: as linhas de esmaltação são compostas por diversos tanques de armazenamento de tintas e esmaltes. Porém, caso algum deles não esteja rotacionando de forma adequada ou esteja parado, existe a possibilidade desses materiais se decantarem, causando uma variação na tonalidade.

Após a busca por motivos e hipóteses da causa da variação de tonalidade, as ideias levantadas são organizadas mediante outra ferramenta da qualidade usada no MASP, que é o “Diagrama de Ishikawa” (também conhecido como Diagrama de Causa-Efeito).

Como citado no capítulo 3 desta dissertação, o Diagrama de Ishikawa possibilita a organização das hipóteses levantadas no *Brainstorming* em seis classes distintas (isto é, Medida, Mão de Obra, Máquina, Meio Ambiente, Material e Método), que resultam na variação de tonalidade na linha Mármore 60x60.

Como pode ser visto na Figura 4.8, o número referente a cada possível causa levantada no *Brainstorming* foi inserido no Diagrama de Ishikawa. Nesse arranjo das causas prováveis para a variação de tonalidade, a classe “Medida” foi atrelada às hipóteses 5 e 6, visto que se houvessem maneiras de medição para delimitar que os equipamentos estavam no final de sua vida útil, eles poderiam ser substituídos antes que pudessem apresentar algum tipo de problema. Para a “Mão de Obra” foi contemplada as causas 11, 14 e 15, que tratam principalmente da falta de treinamento da parte operacional durante a jornada de trabalho. Já para a categoria “Máquina”, os itens inseridos foram 9, 13 e 17, onde foi feita a referência de possíveis problemas de manutenção dos equipamentos utilizados e algumas alterações que possam ter sido necessárias ao longo da produção. Na classe “Material” foram colocadas as hipóteses 1, 4, 5, 6 e 12, que relacionam algum tipo de variação nos

esmaltes e tintas ou um possível desgaste da ferramenta utilizada que proporciona a devida característica ao produto. A categoria que recebeu o maior número de prováveis causas foi o “Método”, ao qual foram atribuídas as causas 2, 3, 7, 8, 10, 15 e 16. Nessa categoria podem-se inserir itens que não dependiam necessariamente da área operacional e sim de padronização de trabalhos e controles feitos por setores técnicos e outros que exerciam a gestão dos colaboradores. A categoria “Meio Ambiente” não teve possíveis causas associadas à sua natureza.

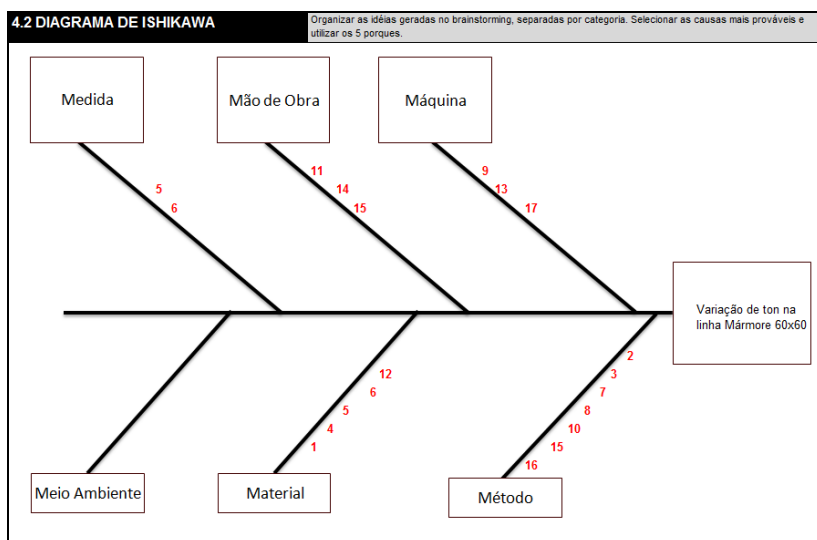


Figura 4. 8 Diagrama de Ishikawa do estudo de caso do capítulo 4 (Fonte: Autor)

Com a estruturação das possíveis causas mostradas no Diagrama de Ishikawa na Figura 4.8, verificou-se que há a necessidade de entender melhor qual é a origem das principais hipóteses discutidas, que levaram à variação de tonalidade em níveis elevados. Para isso, o MASP acrescenta mais uma ferramenta da qualidade comprovadamente eficaz e difundida no cenário industrial, que é a “Análise dos 5 Porquês”. Ao aplicar esta ferramenta, o grupo de trabalho fez uma avaliação de todas as hipóteses levantadas, julgando quais delas mereceriam um desdobramento minucioso da efetiva causa raiz, para assim combatê-la de forma mais efetiva.

O primeiro item avaliado na ferramenta foi “Instabilidade da 1ª tinta serigráfica TCP22359”. Como já comentado anteriormente, esta tinta define o produto devido à sua importância na decoração do mesmo. A primeira justificativa foi que, quando ocorre algum tipo de instabilidade nesta tinta, o produto muda de tonalidade. Essa mudança de tonalidade pode ser causada por uma alteração da quantidade de tinta aplicada sobre as peças cerâmicas que, por sua vez, pode ter como origem o desgaste da lâmina serigráfica. Uma das possibilidades desse desgaste pode ser a pressão ou a velocidade do rolo serigráfico. A pressão pode ter sido alterada com o intuito de evitar a abertura de novas tonalidades na classificação do produto, porém foi feita de maneira não padronizada, provavelmente aumentando ainda mais a variação na tonalidade. A velocidade do rolo pode ter sido ajustada para se adequar ao volume de produção requerido para aquela linha de esmaltação. Assim, considerou-se que a análise deste item específico foi concluída.

Outra hipótese observada foi a “Falta de comparação com outras tonalidades abertas”. Notou-se que não havia uma metodologia aplicada para comparar a tonalidade atual com outras tonalidades abertas desde o início da produção. Um dos motivos que foi levantado é a falta de organização e a falta de cavaletes para guardar as peças de referência de cada tonalidade já aberta, o que facilitaria o acesso aos colaboradores para verificação. Chegou-se à causa raiz deste tópico, que seria a falta de recursos, conscientização e cobrança por parte da liderança para sanar este problema.

A terceira causa avaliada nos 5 porquês foi a “Variação de tonalidade dos esmaltes”. Discutiu-se com o grupo que a camada de esmaltes poderia estar com pouca opacidade, ou seja, estaria mais transparente, o que acarretaria uma maior variação de tonalidade. Isto poderia estar acontecendo devido a uma camada insuficiente de esmaltes neste produto ou, então, uma baixa quantidade de zircônio na formulação dos esmaltes, pois essa matéria-prima contribui para a opacidade. A justificativa para este item é que as atividades relacionadas ao mesmo elevam o custo do produto final.

A última avaliação dos 5 porquês foi o item “Frequência de controles”. Julgou-se que para a linha de produtos considerada os controles eram insuficientes para uma variação de tonalidade mínima, uma vez que a linha exige um cuidado dobrado, o que realça a importância da primeira tinta serigráfica.

O grupo de trabalho entendeu que essas eram as grandes causas da variação de tonalidade na família Mármore Bianco 60x60, não sendo



necessário fazer a análise dos 5 porquês nas outras hipóteses. As etapas da aplicação da análise dos 5 por quês são mostradas na Figura 4.9.

4.3 Análise 5 Por quês		Análise da causa, desdobrar os motivos do tema escolhido até chegar a causa raiz.			
Tema	1) Instabilidade da 1 <sup>o</sup> TCP22359	2) Falta de comparação de tons abertos	3) Variação de tonalidade dos esmaltes	4)Frequência de controles	5
1º Porque	Porque muda de tonalidade	Falta de metodologia para comparar com outros tons	Falta de opacidade	Frequência insuficiente para este produto	
2º Porque	Alteração da quantidade que é aplicada	Falta organização e cavaletes para guardar tons já abertos	Falta camada de esmalte e/ou zircônio suficiente	O produto exige maior cuidado	
3º Porque	A lâmina desgasta	Falta de recursos, conscientização e cobrança	Custo elevado	Porque a 1 <sup>o</sup> TCP define todo o produto	
4º Porque	Por causa da pressão e velocidade do rolo				
5º Porque	Devido tonalidades abertas e volume de produção				

Figura 4. 9 Análise dos cinco porquês do estudo de caso do capítulo 4 (Fonte: Autor)

Com o mapeamento das hipóteses do problema, e detalhando-se a sua causa raiz, partiu-se para a próxima etapa do MASP, que se relaciona com a ferramenta da qualidade 5W2H. Porém, essa etapa foi aplicada de uma maneira mais simples e adaptada à realidade da empresa, a qual é denominada “Plano de Ação”.

No plano de ação representado na Figura 4.10, de todas as atividades levantadas no *Brainstorming*, Diagrama de Ishikawa e 5 porquês, são listadas ações que, no entendimento do grupo de trabalho, devem ter alguma tratativa para ajudar a solucionar a variação de tonalidade na linha Mármore Bianco 60x60.

5 - PLANO DE AÇÃO		(Ações para evitar a recorrência do problema - atacam a causa raiz)		
Nº	Descrição da Ação	Quem	Quando	Status
1	Fazer a 1ªTCP mais opaca (testes com 3, 6 e 9% zircônio)	Moisés	05/set	Cancelado
2	Trabalhar com a 1ªTCP em vasca	Cláudio	05/set	OK - durante toda a prod.
3	Definir padrões de liberação de produto (pressão, altura do rolo, etc)	Marcelo	05/set	De acordo com teste técnico do produto
4	Padronizar frequência de controles nas tintas (liberação e produção)	Daniel	05/set	OK, conforme ESMA-02 rev10
5	Trocar veículo da 1ªTCP	Moisés	12/set	Testado mas não implantado nesta produção
6	Baixar densidade da 1ªTCP	Marcelo	05/set	OK, diminuiu 1 grama do padrão
7	Encontrar outro fornecedor de lâmina	Cláudio	12/set	Cancelado
8	Padronizar troca de lâminas	Daniel	12/set	OK - 1X ao dia
9	Definir metragem de utilização de rolos	Marcelo	12/set	Pendente
10	Gabaritar e nivelar rotocolior na 1ªTCP (LINHA 35)	Sandro	26/set	Pendente
11	Testar novas fórmulas de esmalte	Moisés	26/set	OK - Correção de 0,00325091 com 9% de Zircônio = 0,00352223
12	Testar aumento de camada de engobe	Marcelo	05/set	OK - trabalhou com 24% a mais de camada
13	Colocar mais 2 pás no tanque de 1.000 litros	Wagner	31/out	Pendente
14	Treinar operadores no novo procedimento de trabalho em linha com tintas	Cláudio	12/set	OK - operadores treinados
15	Separação de tons durante a produção em cavaletes para avaliar a necessidade de abertura de novos tons	Eduardo	05/set	OK - facilitou a avaliação e evitou aberturas de ton
16	Estudar utilização do retorno de tintas	Daniel	12/set	OK - foram acumuladas até se ter um bom volume e depois testadas em prod.

Figura 4. 10 Plano de ação do estudo de caso do capítulo 4 (Fonte: Autor)

A equipe chegou a um total de 16 ações que, possivelmente, eliminariam este defeito, das quais 10 foram implementadas, 3 ficaram pendentes e outras 3 foram canceladas para esta produção, onde houve o acompanhamento de todos os envolvidos. A seguir comenta-se sobre cada uma das ações levantadas que receberam a numeração do plano de ação:

1. Como mencionado anteriormente, a primeira tinta serigráfica é a grande responsável pela decoração do produto. Então, uma das ações levantadas foi fazer um teste em produção acrescentando um percentual de correção da matéria-prima óxido de zircônio ou apenas zircônio (3%, 6% e 9% da quantidade total da composição da tinta). Porém, esta ação foi cancelada porque, após terem sido efetuados alguns testes laboratoriais que precederam a produção, com 3% de zircônio não foi alcançada a opacidade desejada. Entretanto, com 6% e 9% de correção, apareceu outra característica que não era devida a este produto, que foi uma textura mais áspera.
2. Esta ação consiste em trabalhar com a primeira tinta serigráfica em um recipiente maior do que aqueles que vinham sendo utilizados. No caso foi utilizada uma vasca (Figura 4.11A), recipiente que pode conter cerca de 400 Kg de tinta. Nas produções anteriores estavam sendo

utilizados pequenos baldes ou bombonas (Figura 4.11B e 4.11C respectivamente) que armazenam cerca 20 Kg a 100 Kg de tinta. Como esta tinta é bastante consumida neste produto, observou-se que era mais fácil manter a densidade, tempo de escorrimento e intensidade de cor da mesma e, assim, manteve-se este parâmetro de trabalho até o final da produção.



Figura 4. 11 Exemplo de recipientes: (a) vasca; (b) balde; e (c) bombona (Fonte: Autor)

3. Uma atividade que não estava padronizada no momento de liberar a produção do Mármore Bianco 60x60 foi a altura do rolo serigráfico em relação às peças cerâmicas, bem como a pressão da lâmina serigráfica sobre o rolo. Estes parâmetros foram registrados na ficha técnica do produto (documento este que não pode ser mostrado neste trabalho devido ao sigilo industrial requerido pela empresa estudada) e se mantiveram inalterados até o término da produção e, dessa forma, garantiu-se a uniformidade da aplicação da tinta.
4. Os controles exercidos pelos colaboradores durante a produção foram o tempo de escorrimento e a densidade das tintas serigráficas, tendo sido seguido rigorosamente o documento interno que rege a frequência dos mesmos na linha de produção, sendo executados a cada hora.
5. Neste item considera-se a troca do veículo serigráfico utilizado na composição das tintas. Os veículos

serigráficos são meios aquosos responsáveis por fazer o transporte dos materiais sólidos, como, por exemplo, os pigmentos inorgânicos ou corantes presentes nas tintas, até as peças cerâmicas mediante a aplicação em rolos serigráficos de silicone. Foi testado outro veículo serigráfico capaz de descarregar os rolos de maneira mais rápida, evitando assim que os mesmos entupam ou não descarreguem de forma adequada. Notou-se que é possível obter-se melhoras neste item, porém ele não foi implantado devido à necessidade de alguns ajustes técnicos.

6. Também com o intuito de haver um melhor descarregamento das tintas nos rolos serigráficos, foi diminuído o padrão de trabalho da densidade das mesmas, onde antes desta produção era de 1,44 a 1,47g/cm<sup>3</sup>, e durante este acompanhamento passou a ser de 1,43 a 1,46 g/cm<sup>3</sup>.
7. Encontrar um novo fornecedor de lâminas serigráficas foi uma das ações que tiveram que ser canceladas devido ao alto custo que foi repassado pelos demais fornecedores quando comparado à lâmina de trabalho utilizada pela empresa estudada, visto que teriam que ser importadas.
8. Para evitar um descompasso na troca de lâminas, foi padronizado que a troca fosse realizada uma vez ao dia no período da manhã, sendo feita com o mesmo operador que estava devidamente treinado nesta atividade. Com a padronização da pressão de trabalho da lâmina e a altura do rolo já citados anteriormente, a lâmina prolongou a sua vida útil, podendo ser usada durante 24 horas sem problemas.
9. Esta ação, que tem o intuito de definir a metragem máxima em que se podem utilizar os rolos serigráficos, ainda ficou pendente para esta produção, pois se faz necessário um maior acompanhamento em outras produções para avaliar a vida útil dos mesmos.
10. Como havia a possibilidade de utilizar outros equipamentos durante esta produção, a manutenção de nivelamento e gabaritação do equipamento Rotocollor, responsável por suportar os rolos serigráficos e transportar as peças cerâmicas naquele ponto da linha de esmaltação, pôde ser adiada, permanecendo esta ação pendente no plano. Apesar da utilização de outro equipamento, esta

manutenção é importante para garantir que as tintas sejam aplicadas de maneira homogênea em toda a extensão das peças cerâmicas.

11. Com o intuito de garantir a opacidade da aplicação de esmaltes, foram feitos alguns testes na linha de produção, sendo aprovada uma correção de 5% de zircônio na segunda camada de esmalte, que ajuda a manter a estabilidade de tonalidade com mais uma pequena correção de dois corantes para ajuste da cor do produto. Apesar de elevar um pouco o custo desse esmalte, essa correção vale a pena por manter a tonalidade do produto por um tempo mais longo.
12. Ainda com o foco em ganhar opacidade da camada de esmaltes e evitar que o fundo da peça cerâmica interfira na tonalidade do produto, foi aumentada em 25% a camada de engobe, que é a primeira camada de esmalte. Talvez esse aumento tenha sido um pouco elevado e, certamente, influenciou o custo final da produção (aproximadamente 5% maior), porém a intenção é que esse valor seja minimizado nas próximas produções. Segundo a equipe de trabalho, notou-se que a camada padrão desse esmalte era muito reduzida para se manter a tonalidade estável durante a produção.
13. Para haver uma melhor agitação dos esmaltes na linha de esmaltação e evitar a decantação dos mesmos, foi proposto que os tanques de 1.000 litros utilizados para armazenagem tivessem mais duas pás na região inferior do tanque. Esta ação ficou pendente durante a produção, uma vez que não foram completados o projeto e modificação desses tanques.
14. As tintas serigráficas, à medida que vão sendo usadas na linha de esmaltação, além de diminuir a quantidade nos seus recipientes de armazenagem, aos poucos elas vão ficando mais diluídas devido ao vapor das peças cerâmicas que entram em contato com as tintas, o que altera um pouco a sua cor. Nessa produção os operadores foram treinados para que, quando a tinta chegar perto do seu fim no recipiente, ao invés de apenas acrescentar mais tinta no mesmo, deve-se utilizar apenas tinta nova ou padrão, e essa sobra deve ser segregada em outro recipiente,

acumulando até se ter um volume maior dessa tinta de retorno.

15. Outra atividade foi disponibilizar cavaletes para armazenagem de peças com todos os tons abertos durante a produção, facilitando e organizando o acesso dos colaboradores, que podem fazer este comparativo e evitar a abertura desnecessária de novas tonalidades semelhantes a outras já abertas.
16. Como comentado na 14ª ação do plano, nesta produção foi separado o retorno das tintas, e quando se acumulou uma quantidade significativa de qualquer uma delas, foram feitos testes de cor e inseridas as devidas correções para que elas voltem à sua cor padrão.

Com o plano de ação executado na produção do Mármore Bianco 60x60 no mês de setembro de 2014, foi possível avaliar se os resultados alcançados nesta produção foram satisfatórios. Na Figura 4.12 verifica-se que nem todas as ações listadas no plano de ação foram realizadas, porém os resultados foram excelentes. Foi feita uma produção de 149.252,88 m<sup>2</sup> deste produto e chegou-se a apenas 10 tonalidades abertas e 26 SKUs, com um volume médio de 5.740,49 m<sup>2</sup>/SKU ou 0,56 tons/dia, reduzindo em 90% a abertura de tonalidades por dia se comparado à produção de agosto de 2014. Esses números superaram bastante o histórico desse produto, e também da média geral da empresa estudada quando somados todos os produtos. Além dessa linha de produtos Mármore Bianco 60x60, as principais ações apresentadas nesta aplicação do MASP podem ser replicadas em outros produtos que utilizam a tecnologia de aplicação de tintas serigráficas com rolos de silicone, podendo minimizar ainda mais a geração de SKUs da empresa como um todo.

Para que essas ações se perpetuem e possam ser padronizadas trabalhando de forma preventiva, no item número sete do MASP, mostrado na Figura 4.12, foi inserida a ficha técnica do produto, onde todas as ações referentes a esse produto e sua forma de trabalho podem ser registradas e disponibilizadas para todos os colaboradores.

<b>6 - VERIFICAÇÃO DE RESULTADOS</b>		<b>7 - AÇÕES PREVENTIVAS</b>																																																	
<p><b>Relatar a eficácia das ações, comparando ao resultado esperado.</b></p> <p>Todas as ações foram implementadas?  <input type="checkbox"/> Sim   <input checked="" type="checkbox"/> Não</p> <p>Os resultados esperados foram alcançados?</p> <p><i>Sim, pois obteve-se uma produção de 149.252,88 m² com 10 tonalidades abertas e 25 SKU's, com um volume médio de 5.740,4m³/SKU ou 0,66tons/dia, reduzindo em 90% a abertura de tonalidades.</i></p> <p>Existem Processos semelhantes onde as ações podem ser replicadas?</p> <p><i>Sim</i></p> <p>Onde pode ser replicada a ação?</p> <p><i>Toda linha de produtos que utilizam tintas serigráficas</i></p>		<p>Padroneização e replicação das ações para prevenir a recorrência do problema. Deve-se relacionar os documentos existentes caso necessite a revisão, também relacionar a necessidade de novos documentos.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">Documentação</th> </tr> <tr> <th>Instrução de trabalho</th> <th>Novo</th> <th>Revisão</th> <th>Responsável</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ficha técnica 2070SE</td> <td></td> <td>11</td> <td>Laboratório</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>		Documentação				Instrução de trabalho	Novo	Revisão	Responsável	Ficha técnica 2070SE		11	Laboratório																																				
Documentação																																																			
Instrução de trabalho	Novo	Revisão	Responsável																																																
Ficha técnica 2070SE		11	Laboratório																																																
<b>8 - ENCERRAMENTO</b>																																																			
<p><b>Considerações:</b> O resultado alcançado superou as expectativas, causando impacto positivo na área comercial que pode direcionar vendas de um único SKU com maiores metragens, além de oferecer melhores condições de trabalho nos setores de esmaltação e escolha.</p> <p><i>P.S.: Estas ações já foram replicadas na produção do Mármore Crema 60x60 e surtiu um resultado ainda melhor, produzidos 53.245,66 m² com apensas 8SKU's, tendo um volume médio de 6.635,7 m³/SKU.</i></p>		<p>Considerações finais do solução de problema e aprovação do superior.</p>																																																	
Data Encerramento: <b>21/10/2014</b>	Aprovação do superior imediato: <b>Piva</b>	Data Aprovação: <b>01/10/2014</b>	Seguir fluxograma de armazenamento e registro do MASP																																																

Figura 4. 12 Verificação dos resultados, ações preventivas e encerramento do estudo de caso do capítulo 4. (Fonte: Autor)

Ao finalizar a aplicação do MASP na produção do Mármore Branco 60x60, chegou-se a um resultado extremamente positivo, tendo sido superadas todas as expectativas para esse trabalho, o que repercutiu positivamente na área comercial da empresa analisada, possibilitando vendas com metragens maiores do produto analisado. Além disso, contribuiu-se para os setores de esmaltação e escolha, onde são feitas a classificação e abertura de novas tonalidades e SKUs, que teve suas condições de trabalho melhoradas.

Logo após o término deste acompanhamento, foi realizada a produção do produto Mármore Crema 60x60, que é muito semelhante ao objeto de estudo deste trabalho e pode-se aplicar boa parte das ações listadas neste MASP. Notou-se que o resultado nessa outra produção também foi excelente, mostrando a utilidade das ferramentas utilizadas e mostrando que as causas raízes deste problema foram efetivamente identificadas e solucionadas. Isto pode ser visualizado na Figura 4.13, que contém a evolução alcançada em um produto desta família de produtos Mármore Bianco 60x60 até Março de 2015, onde se pode verificar que a metragem por SKU chegou a valores acima de 4.000 m<sup>2</sup>/SKU, demonstrando uma curva ascendente de melhoria. Além de outras ações simultaneamente feitas em outras unidades de fabricação, pode-se notar nas Figuras 4.14 e 4.15 que houve um impacto positivo no resultado geral da empresa, onde a quantidade de SKUs diminuiu para

um valor mínimo em fevereiro de 2015 de 14.414 SKUs no seu parque fabril, e a média de m<sup>2</sup>/SKU aumentou para aproximadamente 1.500.

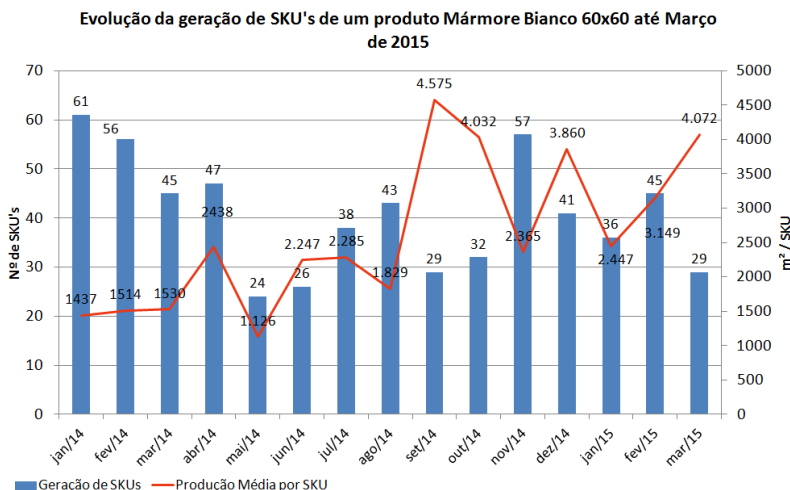


Figura 4. 13 Evolução da geração de SKUs de um produto da família Mármore Bianco 60x60 até Março de 2015 (Fonte: Autor).

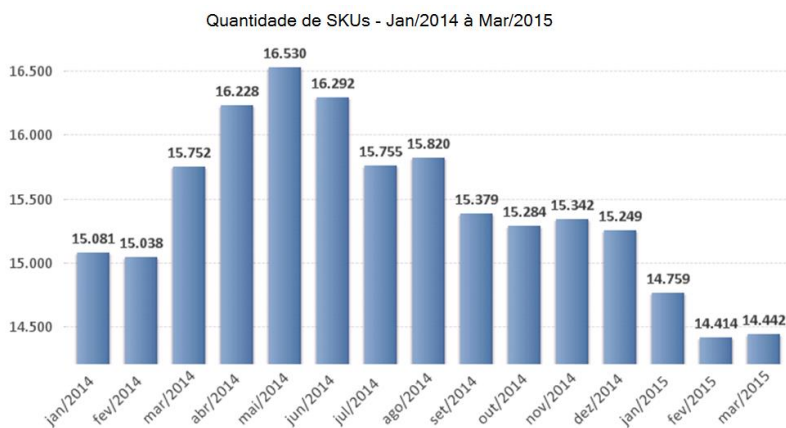


Figura 4. 14 Quantidade de SKUs de janeiro de 2014 a março de 2015 (Fonte: Autor)



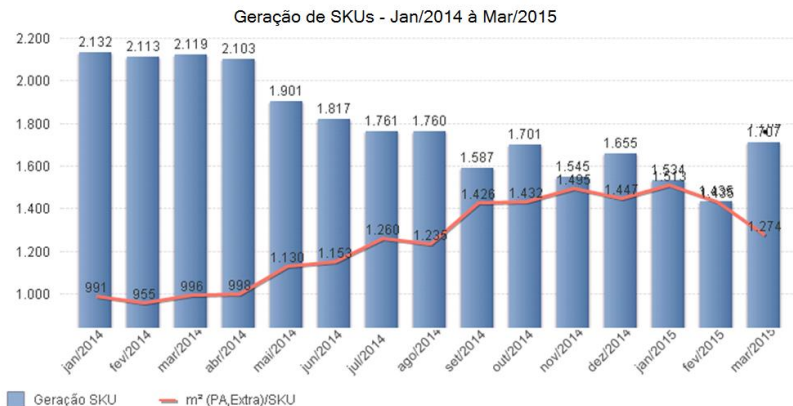


Figura 4. 15 Geração de SKUs e m²/SKU mensal de janeiro de 2014 a março de 2015 (Fonte: Autor)

Concluindo o MASP, foram preenchidas as datas de encerramento e aprovação do gestor da área, e o mesmo foi encaminhado para o setor que se encarregará do registro e armazenamento deste conjunto de atividades.

## **5 ESTUDO DE CASO 2 – IDENTIFICAÇÃO DO AGENTE CAUSADOR DE UMA CONTAMINAÇÃO NOS REVESTIMENTOS CERÂMICOS**

Os revestimentos cerâmicos são produtos destinados ao setor da construção civil, servindo de acabamento superficial para pisos e paredes dos mais diferentes tamanhos, formatos e aplicações, dando, na maioria das vezes, um ar sofisticado ao ambiente em que é instalado. Por isso, o processo de fabricação destes revestimentos está em constante evolução, buscando sempre uma maior automatização, aumento da produtividade e melhoria na qualidade dos produtos para seguir a tendência mundial de inovação e design arrojado que os clientes tanto valorizam (ROSA e NONI JUNIOR, 2013).

Como esses produtos interferem principalmente na estética onde os mesmos são destinados, é de extrema importância que seu acabamento seja refinado e livre de quaisquer imperfeições que possam denegrir o seu padrão de qualidade. Sendo assim, qualquer minimização ou eliminação de possíveis defeitos gerados durante a fabricação dos revestimentos cerâmicos geram uma redução de custos para o fabricante, além de consumidores mais satisfeitos com o produto.

Para aqueles defeitos que não são comuns do cotidiano operacional, é necessário algum tipo de metodologia de fácil aplicação, de maneira que os defeitos sejam identificados e tratados com maior rapidez e exatidão. Dessa forma, neste estudo de caso aplica-se o MASP buscando a identificação e, se possível, eliminação do agente causador de uma contaminação que ocorre na superfície dos revestimentos cerâmicos.

Para melhor entender a característica desta contaminação, a Figura 5.1 A e B mostra o aspecto da mesma, presente em um revestimento cerâmico. Pode-se notar que, sobre a superfície lisa da peça, forma-se uma pequena ondulação que difere do restante (Figura 5.1A). É difícil dizer qual a origem do defeito mediante uma análise apenas visual, o que dificulta a classificação do defeito, podendo-se confundir se o problema está no processo de esmaltação ou se está no suporte cerâmico (também denominado massa porcelânica). Por isso, é necessário romper a peça no local afetado para identificar se a contaminação origina-se no interior da peça ou se ela é um defeito superficial decorrente do esmalte (Figura 5.1B). Dependendo do colaborador que está fazendo a classificação do produto defeituoso, ele poderá nomear esta falha de diferentes formas, como grumo,

contaminação e bolha, devido à semelhança entre todos eles quando é feita apenas a avaliação visual.

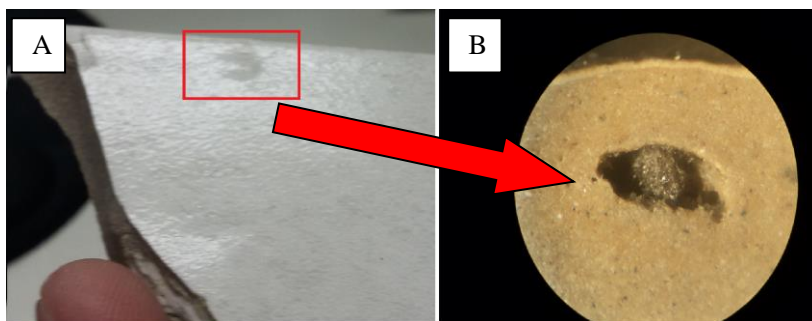


Figura 5. 1 Exemplo de uma contaminação presente nos revestimentos cerâmicos. (a) Vista superior do defeito; (b) Seção transversal do defeito com aumento de 25x (Fonte: Autor).

Com essa dificuldade de classificar o defeito corretamente, foi feito um levantamento dos sete primeiros meses do ano de 2014 de todas as falhas correlacionadas a essa contaminação, revelando o percentual de perda de qualidade ligada a esse defeito nas linhas de grande volume da empresa estudada, como pode ser visto na Figura 5.2.

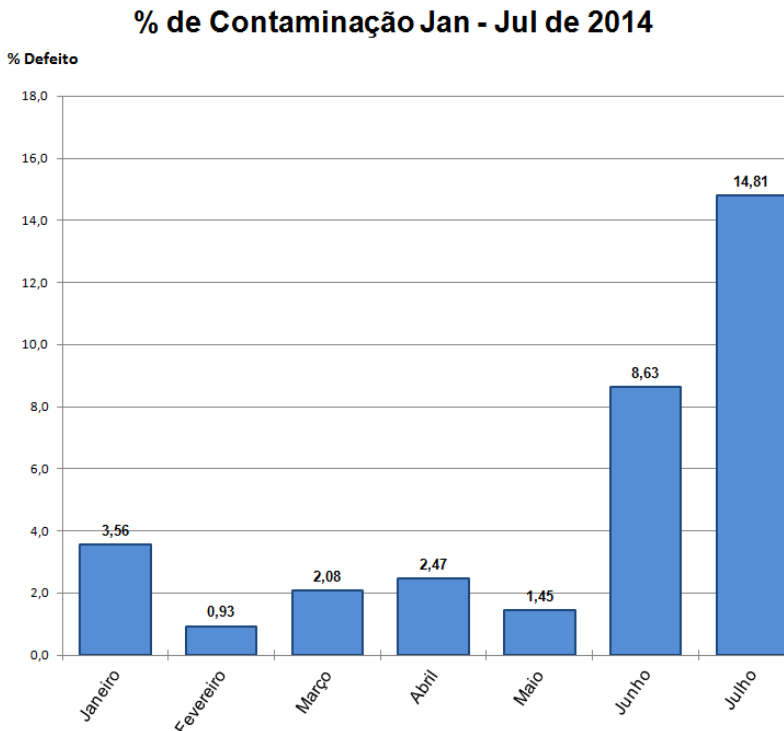


Figura 5. 2 % de contaminação de janeiro a julho de 2014 (Fonte: Autor)

Verifica-se que o percentual de contaminação e demais defeitos correlacionados era de cerca de 2% nos cinco primeiros meses do ano. A partir de junho de 2014 essa falha representou um grande salto de perda de qualidade, chegando a 8,63%, aumentando ainda mais no mês seguinte para 14,81%. Com esse resultado alarmante, o gestor da área afetada observou que as ações executadas até então não estavam atingindo a causa raiz do problema e, assim, uma equipe de trabalho foi reunida para elaborar um MASP para este tema.

O grupo de trabalho foi selecionado com base na experiência de cada participante e sua área de atuação na empresa estudada. A equipe foi composta por várias pessoas atreladas aos diferentes setores de produção: o departamento técnico estava envolvido com grande parcela, a área de mineração também deu o seu apoio, junto com os mantenedores de cada setor fabril. Com todos os envolvidos alinhados

sobre o problema da contaminação, preencheu-se a etapa inicial do MASP com o “Tema” e demais subdivisões, e inseriu-se a equipe de trabalho nos campos determinados (Figura 5.3).

MASP - MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS					Nº 1
<b>TEMA</b>	Categoria: <b>Qualidade</b>	Tipo: <b>Processo</b>	Falha/Defeito/Descrição: <b>Contaminação na Massa</b>		
Data abertura: <b>28/07/14</b>	Fábrica: <b>PB2</b>	Setor/Linha: <b>Preparação de Massa, Prensa e Linha de Esmaltação</b>	Equipamento	Produto/Formato: <b>Todos</b>	
<b>1 - EQUIPE</b>					
(Nome, função)					
Lider:	<b>Piva</b>		Participante:	<b>Roberto, Nathan</b>	
Participante:	<b>Cláudio, Sandro</b>		Participante:	<b>Daniel, Taro, Eduardo</b>	
Participante:	<b>Diego, Wagner</b>		Participante:	<b>Jorge, Emerson</b>	
<b>2 - DESCRIÇÃO DO PROBLEMA</b>			Descrever os desvios e descrição detalhada, relatando com o GAP em relação a situação ideal e a encontrada.		
Desclassificação de produto por defeito superficial de contaminação ou grumo, representando no mês de Julho de 2014 uma perda média de qualidade de 14,81% em todos os produtos da fábrica analisada, sendo um número aceitável aproximadamente 3%.					

Figura 5. 3 Tema, equipe e descrição do problema do estudo de caso do capítulo 5 (Fonte: Autor)

No item “Descrição do Problema” foi feito um breve resumo do fato ocorrido, contextualizando para todos que o defeito de contaminação ocasionava uma desclassificação do produto devido a uma protuberância que aparecia na superfície da peça cerâmica e, no último mês de julho, tinha atingido 14,81% de produto não conforme, valor este inaceitável para uma empresa que prima por qualidade e inovação. Porém, notou-se que esta quantidade elevada de perda de qualidade ocorreu nos últimos dois meses conforme a Figura 5.2, então isso era algo novo que foi inserido no processo de maneira errônea e/ou não controlada ou, ainda, alguma mudança que havia ocorrido nesse período que passou despercebida dos envolvidos.

Com base nesses números, foram necessárias algumas ações para tentar bloquear este defeito e diminuir o seu valor de impacto na qualidade. Para isso, no item número três do MASP, algumas atividades foram descritas e implementadas no processo fabril, como pode ser visto na Figura 5.4.

3 - AÇÕES DE BLOQUEIO		(Ações imediatas. Ex: Mudança de frequência de inspeção, back-up, troca de ferramenta, etc.)		
Ação de contenção		Quem	Quando	Status
Desclassificação comercial ou caco		Eduardo	Imediato	Concluído
Limpeza de silos e tanques de armazenagem		Wagner	Imediato	Concluído
Limpeza de correias, atomizador, moinhos e bombas		Wagner	Imediato	Concluído
Diminuição do peneiramento para malhas mais finas		Sandro	Imediato	Concluído
Alteração no programa de produção		Piva	Imediato	Concluído

Figura 5. 4 Ações de bloqueio do estudo de caso do capítulo 5 (Fonte: Autor)

Uma das ações de bloqueio é a desclassificação das peças com defeito para produto comercial ou caco, que corresponde ao setor de escolha separar os produtos com boa qualidade (também chamados de produtos “extra”) daqueles que apresentam algum tipo de defeito, que podem ser destinados a produtos “comerciais”, de segunda linha, que ainda têm alguma aceitação de defeitos perante o público consumidor ou, ainda, aqueles que em hipótese alguma podem chegar aos clientes, que são classificados como “produtos caco” ou apenas “caco”. Como a empresa analisada tem um grande reaproveitamento de todos os seus rejeitos industriais, esse caco é reprocessado e retorna ao sistema novamente como matéria-prima da massa porcelânica.

Outro ponto que foi fortemente atacado neste período de bloqueio do defeito foi a limpeza de diversos locais por onde a massa porcelânica é transportada, desde o seu processo de moagem até o local de prensagem. Ainda, quando a massa porcelânica está na sua forma líquida, denominada barbotina, ela passa pelos moinhos onde é bombeada para os tanques de armazenagem. Com o tempo, algumas matérias-primas podem ter algum tipo de impureza como plásticos, que são utilizados no transporte da jazida até o *box* de estocagem, e podem ser colocados acidentalmente dentro dos moinhos por se tratar de um processo rústico, além do próprio desgaste do revestimento dos moinhos, bombas e pás de agitação dos tanques de armazenamento que se decompõem nos tanques e podem gerar algum tipo de defeito. Dessa forma, foi feita a limpeza dos mesmos, sendo esvaziados e retirados possíveis materiais que poderiam gerar essa contaminação.

Após o processo de atomização, a barbotina tem sua água retirada e a massa porcelânica fica em forma de grânulos arredondados, sendo transportada por correias até os silos e, depois, percorre mais algumas correias até as prensas. Neste percurso, a massa pode ser contaminada por pedaços de ferrugem borrachas e plásticos que podem desprender dos equipamentos devido ao desgaste, que estão presentes em todo o

processo. Sendo assim, foram feitas diversas limpezas nesses sistemas para amenizar ou eliminar esses possíveis agentes causadores do defeito.

Após a barbotina ser descarregada dos moinhos e armazenada nos tanques, ela é bombeada para os atomizadores. Porém, existe um processo intermediário que é o peneiramento do material para retirada de resíduos mais grosseiros da moagem. Visando eliminar as partículas maiores desta moagem e dificultar ainda mais a passagem das mesmas, foi afinada a malha do peneiramento, que passou de uma abertura de 0,202mm para 0,177mm. Isto causou um aumento do material descartado nesse processo, porém o tamanho de partículas dos resíduos também diminuiu, contribuindo para minimizar o defeito.

A última ação de bloqueio listada nessa primeira etapa foi a alteração do programa de produção na fábrica com um todo. Existe uma sequência de produtos a serem fabricados durante um mês, porém os produtos que apresentavam uma textura mais lisa e que não apresentavam relevos em sua superfície foram realocados para serem feitos posteriormente com o intuito de amenizar essa contaminação e evitar maiores perdas, pois são produtos que realçam este defeito mais facilmente. Foi dada prioridade aos produtos mais rústicos e com relevo, os quais absorviam ou minimizavam esse defeito, não impactando a qualidade. Contudo, há clientes que estão aguardando a antiga sequência de produtos, e se o problema não for sanado o mais breve possível, haverá uma série de consumidores insatisfeitos com a demora na entrega.

As medidas de bloqueio do defeito não foram efetivas, uma vez que a incidência do defeito continuou alta, havendo uma pequena melhora devido aos produtos rústicos que estavam sendo produzidos, disfarçando os defeitos. Dessa forma, foi feita a etapa quatro do MASP, onde se buscou entender se haviam ocorrido mudanças significativas e recentes no processo fabril. Pode-se avaliar que no mês de maio foi feito um ajuste na composição da massa porcelânica, variando o percentual de algumas matérias-primas e introduzindo a Bentonita na fórmula, que tinha como objetivo aumentar a resistência mecânica das peças cerâmicas antes do processo de queima, para que as mesmas pudessem percorrer a linha de esmaltação e evitar quebras.

Notou-se que esse problema de contaminação não era frequente, conforme mostrado na Figura 5.2, e que tinha acontecido com maior incidência nos meses de junho e julho de 2014. Dessa forma, foi preenchido o MASP como mostrado na Figura 5.5.

4 - ANÁLISE DA CAUSA		Analisar o fenômeno e origem do problema, comportamento e causas	
Ocorreram mudanças/ alterações recentes no processo? (    ) Não ( <input checked="" type="checkbox"/> ) Sim			
Quais: <b>Alteração na composição - introdução da Matéria-prima - BENTONITA</b>			
É um problema frequente? ( <input checked="" type="checkbox"/> ) Não (    ) Sim - Existe algum problema semelhante ( <input checked="" type="checkbox"/> ) Não (    ) Sim			
Qual: _____			
4.1BRAINSTORMING		Levantar principais hipóteses da ocorrência do problema	
1	Moagem do MMC - tipo de moagem	9	Desgaste/Lubrificação no setor
2	Peneiramento incorreto	10	Uso acidental de torta do polimento
3	Contaminação da MP e transporte	11	Lixo no box
4	Contaminação do processo	12	Contaminação do filtro prensa na torta
5	Contaminação de Rejeitos	13	Contaminação de caco com cinza no pátio
6	Deficiência no controle de MP	14	Caco misturado monoporosa e porcelanato
7	Mudança no transporte	15	Contaminação de MP exclusiva de uso
8	Mudança na jazida - minério	16	Queda da temperatura ambiente
		17	Falha de controle de matéria orgânica na massa
		18	Aspiração do forno
		19	Espessura e tamanho das peças
		20	Água tratada
		21	Falta de avaliação individual dos resíduos
		22	Queima dos produtos em ciclo rápido
		23	Rampas do pré- aquecimento do forno à altas temperaturas
		24	Formulação de massa porcelânica

Figura 5. 5 Análise de causa e brainstorming do estudo de caso do capítulo 5  
(Fonte: Autor)

Dando sequência na metodologia aplicada, discutiu-se com o grupo de trabalho quais seriam as possíveis causas de ocorrência do problema analisado mediante *Brainstorming*. Nela, toda a equipe expôs os seus conhecimentos a respeito do tema em busca da verdadeira causa raiz, considerando diversas hipóteses sobre essa contaminação.

Para elucidar cada uma das causas levantadas, é listado abaixo o motivo de cada hipótese que o grupo relatou:

1. Moagem do MMC - tipo de moagem: a moagem no MMC (Moinho Modular Contínuo) está sendo feita há relativamente pouco tempo neste processo fabril (menos de um ano), e pelo fato dele aumentar consideravelmente a produtividade da fábrica analisada, avaliou-se que ele poderia estar deixando partículas maiores das matérias-primas ao final do processo de moagem. Isso poderia estar acarretando esta presença de contaminação, ou ainda, que algum equipamento interno desse moinho pudesse estar se deteriorando, fato esse não percebido pela equipe de manutenção, a qual tem pouco conhecimento do mesmo;
2. Peneiramento incorreto: notou-se que o processo de peneiramento poderia estar inadequado pelo fato de possivelmente utilizar uma maior abertura da peneira ou, então, que as peneiras poderiam estar se rompendo mais facilmente e com alta frequência, devido ao volume de material que passa por elas;
3. Contaminação da matéria-prima e transporte: em meio às jazidas das diversas matérias-primas que compõem a formulação dessa massa porcelânica, existem muitos



equipamentos que podem ter algum tipo de vazamento de óleo ou, então, que nas caçambas dos caminhões e conchas das retroescavadeiras que fazem a coleta e transporte desses materiais podem ocorrer misturas com outros tipos de matérias-primas, além de que em alguns transportes são colocados plásticos nas caçambas dos caminhões para evitar que as matérias-primas plásticas colem nas mesmas e causem algum tipo de problema na sua descarga, causando uma possível contaminação, caso elas não sejam retiradas;

4. Contaminação do processo: como já mencionado anteriormente, há diversos pontos no processo fabril que podem gerar uma contaminação, que incluem borrachas de correias transportadoras, plásticos de diferentes naturezas, óleos de diversos equipamentos, dentre muitos outros não citados;
5. Contaminação de rejeitos: a empresa estudada efetua o reaproveitamento da maioria dos seus rejeitos industriais, e uma forma de reutilizá-los é inseri-los na composição da massa porcelânica. Porém, existem alguns tipos de contaminantes que não podem ser reaproveitados na composição da massa, como óleos e graxas, e a equipe de trabalho supôs que esses pudessem estar sendo colocados no meio desses reaproveitamentos, causando um possível defeito;
6. Deficiência no controle de matérias-primas: todas as matérias-primas que já fazem parte do processo e as novas que são inseridas em qualquer fórmula de massa ou esmalte na empresa estudada são caracterizadas para avaliar sua fusibilidade, cor, compactação, teor de ferro, dentre muitos outros parâmetros. Porém, talvez haja a necessidade de acrescentar outro controle para identificar esse tipo de contaminação antes que o material seja inserido na formulação fabril;
7. Mudança de transporte: foi avaliado que no período considerado houve uma quantidade elevada de contaminações. Houve uma mudança da empresa que faz o transporte de algumas matérias-primas da formulação de massa, e este fato estimulou o grupo de trabalho a pensar que essa nova empresa terceirizada pudesse estar transportando algum outro material entre uma carga e

outra de matérias-primas, gerando algum tipo de problema para o processo fabril;

8. Mudança na jazida e/ou minério: como a empresa analisada se trata de uma indústria de transformação, muitos dos materiais utilizados em suas composições de massas e esmaltes vêm diretamente de uma fonte natural da qual são extraídas sem sofrer algum tipo de processamento. Porém, uma jazida pode sofrer algum tipo de alteração com o passar do tempo ou, então, aparecer algum tipo de minério diferenciado na área de extração. Por isso, é necessário haver um controle rigoroso das jazidas para evitar surpresas, caracterizando adequadamente os materiais e novos lotes de extração. Supôs-se que algum item de controle pudesse ter passado despercebido, influenciando a contaminação;
9. Desgaste e lubrificação nos setores: a massa porcelânica passa por diferentes processos e por uma dezena de equipamentos dos mais diferentes tamanhos e características. Toda engrenagem, motor, redutor, entre muitos outros equipamentos, devem ser lubrificados numa periodicidade correta para evitar quebras imprevistas e desgastes acentuados. Levantou-se a possibilidade de algum equipamento estar sofrendo um desgaste acima da média ou, então, uma lubrificação em excesso que, de alguma forma, pudesse contaminar a massa que passa por ele;
10. Uso acidental de torta do polimento: um dos materiais de reaproveitamento que tem uma tratativa diferenciada por apresentar uma quantidade maior de carbonato de cálcio em sua essência é denominada “torta” da estação de tratamento de efluentes da unidade de polimento e retificação de revestimentos cerâmicos. Há um receio por diversas pessoas envolvidas no MASP de que ela pudesse acentuar os defeitos que estavam sendo gerados após a queima dos produtos. Esse item não é incluído na composição dessa massa porcelânica, porém existe a possibilidade de mistura desse material quando a torta é destinada para seu box de descarte;
11. Lixo no box: existe a possibilidade de haver alguns descartes como plásticos, madeira, ferro, entre outros, presentes no box de matérias-primas, devido à falta de

- conscientização e zelo operacional no momento do descarte ou, então, algo vir misturado em meio aos caminhões quando fazem a coleta nas jazidas;
12. Contaminação do filtro prensa na torta: na estação de tratamento de efluentes localizam-se os tanques de decantação, nos quais os excessos de impurezas ficam retidos e são separados da torta que é utilizada nas formulações de massa. Chegou-se a essa hipótese porque o processo de decantação pode sofrer algum problema e acabar contaminando o filtro prensa que retira o excesso de água dessa torta;
  13. Contaminação de caco com cinza no pátio: um dos rejeitos industriais, o caco, é armazenado em um dos pátios da empresa antes de ser reprocessado e utilizado novamente nas massas porcelânicas. Porém, este material pode sofrer acidentalmente alguma mistura com cinzas provenientes de outros processos internos, uma vez que os locais de armazenamento são relativamente próximos;
  14. Caco de monoporosa misturado com caco de porcelanato: assim como na hipótese acima, devido a esses cacos de diferentes tipos serem armazenados em lugares próximos, pode haver a mistura dos mesmos, resultando numa falha do processo;
  15. Contaminação de matéria-prima de uso exclusivo da unidade fabril afetada: foi avaliado que talvez, até o momento, apenas uma unidade foi atingida com essa queda na qualidade por esse defeito, pelo fato de que alguma matéria-prima de uso exclusivo esteja com alguma espécie de contaminação. Decidiu-se avaliar com mais atenção todas as matérias-primas que são utilizadas nesta massa porcelânica;
  16. Queda da temperatura ambiente: como esse estudo de caso foi avaliado durante o inverno, existe a possibilidade de a temperatura ambiente amena possibilitar a formação de grumos nos silos de armazenagem e prensas, ou seja, os grânulos de massa ou atomizados absorvem a umidade ambiente com maior intensidade formando aglomerados de massa, gerando um defeito;
  17. Falta de controle de matéria orgânica na massa porcelânica: este item foi levantado devido ao fato de não haver um acompanhamento diário da matéria orgânica

presente nas peças cerâmicas após o processo de queima. Acreditando que este defeito pode ser derivado de algum tipo de matéria orgânica presente no processo, não sendo eliminado durante a queima, seria interessante incluir um controle para avaliar se a intensidade da mesma aumenta ou diminui na massa porcelânica avaliada;

18. Aspiração do forno: esta hipótese está atrelada à anterior, pois se a aspiração do forno não estiver bem regulada e efetiva para ajudar a eliminar a matéria orgânica presente na massa, isto poderá ocasionar um defeito nas peças;
19. Espessura e tamanho das peças: a característica dimensional do revestimento cerâmico é determinada por normas internas da empresa estudada. Todavia, algum formato de peça pode ter uma espessura maior que outras, e isto pode influenciar negativamente a retirada de matéria orgânica do interior da peça e, assim, apresentar alguma falha;
20. Tratamento da água: Além dos rejeitos industriais sólidos, a empresa estudada também reutiliza a água em alguns dos seus processos. Um deles é o processo de moagem das massas, no qual foi questionada a hipótese de conter algum traço de resíduo que influenciasse o resultado do produto final;
21. Falta de avaliação individual dos resíduos: como estão sendo tratadas diferentes possibilidades de contaminação em todo o processo fabril, não existe ainda uma avaliação detalhada e organizada de todos os resíduos provenientes do mesmo, com sua caracterização, análise e conclusão da origem dos mesmos, o que facilitaria este estudo de caso;
22. Queima dos produtos em ciclo rápido: a demanda do mercado e a acirrada disputa com os concorrentes no mundo cerâmico exige que cada vez mais a produção seja aumentada, minimizando os custos industriais. Isto significa na indústria cerâmica uma diminuição nos ciclos de queima dos produtos. Contudo, pode-se ter como revés a presença de mais matéria orgânica no interior das peças, podendo possivelmente gerar uma falha;
23. Rampas do pré-aquecimento do forno a altas temperaturas: ainda com foco na presença de matéria orgânica no interior das peças cerâmicas, a temperatura elevada nesta fase de queima do forno pode ajudar a selar a superfície das peças

e também as camadas de esmalte cerâmico antes que a matéria orgânica presente consiga se volatilizar e não gerar um possível defeito;

24. Formulação da massa porcelânica: considerou-se que nesta nova formulação de massa implantada pode ter havido alguma reação interna ou, então, alguma nova matéria-prima que foi acrescentada que possa estar gerando uma maior compactação e uma maior dificuldade em dissipar o conteúdo orgânico do interior das peças.

Devido à gravidade do problema, muitas hipóteses foram consideradas para essa possível contaminação, tentando extrair todo o conhecimento dos participantes acerca deste defeito, para combater de forma mais eficaz a causa raiz desta falha.

Para organizar todas as causas levantadas, utilizou-se o Diagrama de Causa-Efeito, que inclui cada uma delas de acordo com sua origem e numeração atribuída no *Brainstorming* em uma das seis classes principais desta ferramenta, conforme mostra a Figura 5.6, que resultará como efeito a contaminação da massa.

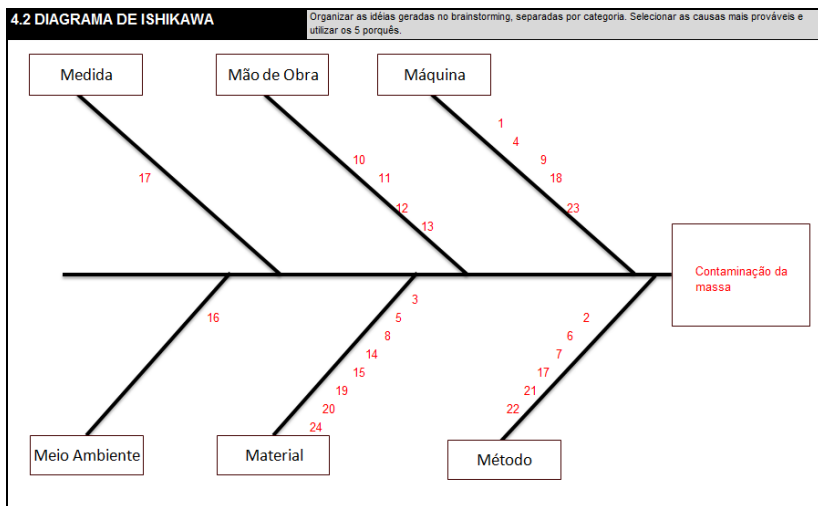


Figura 5. 6 Diagrama de Ishikawa do estudo de caso do capítulo 5 (Fonte: Autor)

Avaliando o Diagrama de Ishikawa, verifica-se que a classe “Material” é aquela que compreende o maior número de hipóteses levantadas, com um total de oito possíveis causas, sendo elas 3, 5, 8, 14, 15, 19, 20 e 24. Nesta classe pode-se observar que a maioria dos itens aponta para a presença de algum tipo de contaminante em uma das matérias-primas da massa porcelânica ou de seus rejeitos, seja ela proveniente da sua própria jazida ou então advinda de algum ponto em que ela foi processada, transportada ou armazenada. Nota-se também que há uma desconfiança da água utilizada no processo de moagem da massa, além de uma possível não conformidade dimensional do produto.

A classe “Método” foi a segunda mais pontuada durante o levantamento do Diagrama de Causa-Efeito, contendo os itens 2, 6, 7, 17, 21 e 22. Constatou-se que não existiam determinações para transporte exclusivo das matérias-primas ou limpeza dos caminhões utilizados por terceiros, bem como alguns parâmetros de controle para determinadas etapas do processo, visto que, até então, não houve necessidade para isso ou, ainda, não havia um histórico de possíveis defeitos atrelados a elas, o que facilitaria a identificação e solução desses problemas. Além disso, esta classe também direciona para uma mudança de padrões estabelecidos pela empresa estudada, seja no peneiramento da barbotina, ou na adequação dos ciclos de queima dos produtos para uma condição de maior volume de produção.

Pode-se citar que o agrupamento das hipóteses 1, 4, 9, 18 e 23 tem maior afinidade com a classe “Máquina”. Considerou-se que todas as hipóteses citadas envolvem equipamentos que transportam e transformam a barbotina, a massa porcelânica ou a peça cerâmica em um estágio da cadeia produtiva, sendo que se os equipamentos estiverem desgastados, mal lubrificados ou desregulados pode-se proporcionar algum tipo de problema para os produtos.

As causas levantadas nas hipóteses 10, 11, 12 e 13 do *Brainstorming* tratam do efeito da “Mão de Obra” no processo fabril. As ações comentadas nestas hipóteses sugerem uma possível interferência de algum colaborador no momento do processamento, separação ou transporte dos materiais de reaproveitamento que são utilizados na composição da massa porcelânica, ocorrendo uma provável falha operacional.

Com apenas a causa 16, vinculada à classe “Meio Ambiente”, a influência da temperatura ambiente no parque fabril pode trazer como consequências pequenas imperfeições nas peças cerâmicas, através do conglomerado de pós atomizados que se unem devido à umidade

relativa do ar estar um pouco mais elevada, característica do inverno na região, podendo originar este defeito.

Apesar da análise criteriosa adotada pelos integrantes do MASP na fase de *Brainstorming* e Diagrama de Causa-Efeito, na classe “Medida” foi pontuada apenas a hipótese 17, que já havia sido apontada também em outra classe, pois ainda não havia sido determinada uma medida de quanto era tolerável à quantidade de matéria orgânica presente nas peças.

Para haver uma melhor definição das verdadeiras causas raízes da contaminação presente nos diversos produtos da fábrica estudada, foram selecionadas nove hipóteses para serem debatidas na ferramenta da análise dos 5 porquês, com o intuito de se aprofundar cada vez mais a discussão sobre a origem da falha e, assim, combatê-las com maior precisão, como pode ser visualizado na Figura 5.7.

4.3 Análise 5 Por quês		Análise da causa, desdobrar os motivos do tema escolhido até chegar a causa raiz							
Tema	1) Contaminação de MP no transporte	2) Contaminação de MP exclusiva em uso - minério	3) Moagem diferente no MMC (Molinho Modular Contínuo) intensifica o defeito	4) Contaminação dos rejeitos	5) Deficiência no controle das matérias-primas	6) Aspiração do forno	7) Formulação de massa (alteração)	8) Avaliação individual dos resíduos na formulação	9) Contaminação do processo (Box de MP's até as primas)
1º Porque	Uso de caminhão sujo	Pode haver a presença de contaminante não detectado	Gera distribuição granulométrica mais grossiera	Devido colocar lixo nos rejeitos	Porque os contaminantes não são identificados nos ensaios de liberação de matérias-primas	Por causa da concentração de matéria orgânica	Para aumentar a resistência mecânica das peças na linha de esmaltação	Porque os resíduos (Torta, chumbo e demais resíduos) não são avaliados da mesma forma que as matérias-primas	Falha/desgaste dos equipamentos
2º Porque	Não lavar caminhão para transporte	Aproveitamento da jazida	Sistema de moagem contínuo fica menos tempo rompendo as partículas	Falta de fiscalização	Porque o ensaio e/ou amostra não é representativo	Aspiração insuficiente para retirada da matéria orgânica	Devido a trincas e quebras de peças na linha de esmaltação	Porque são resíduos do processo fabril e não foi definido este tipo de controle	Limpeza e inspeção inadequada
3º Porque	Não fiscalizar caminhões antes da carga	Falta de conhecimento e efeito na composição da massa	Sistema por impacto (aracata) pode gerar material mais grosseiro	Falta definição dos responsáveis pelos rejeitos e rotina de inspeção	Porque os ensaios são comuns para todas as MP's e não específicos	Porque trabalhamos com a aspiração padrão	Devido a alteração anterior da formulação de massa para utilização do nosso contínuo	Porque nunca apresentei problema	Falta de procedimento
4º Porque	Confiabilidade no fornecedor	Não foi testado e avaliado	Para aumentar produtividade		Porque esta é a metodologia utilizada na empresa	Porque foi determinado as regulagens do equipamento pelo fabricante no ponto ideal de trabalho	Para atender a nova demanda de produção da unidade		
5º Porque	Nunca havia apresentado problemas dessa origem				Porque antes nunca havia apresentado problema				

Figura 5. 7 Análise dos cinco porquês do estudo de caso do capítulo 5 (Fonte: Autor)

A primeira hipótese a ser detalhada nesta ferramenta é a “Contaminação da matéria-prima no transporte”. Essa falha pode ocorrer devido à utilização de caminhões com suas caçambas sujas com outros minérios ou demais detritos e que, por sua vez, não são limpos de maneira correta. Isto pode acontecer por não haver uma fiscalização ativa nos caminhões antes dos mesmos realizarem a carga de matérias-primas, confiando-se dessa forma nos fornecedores, uma vez que nunca ocorreram problemas dessa origem.

Ainda considerando-se as matérias-primas, a possível causa “Contaminação de matéria-prima exclusiva em uso - minério” relaciona-

se aos materiais que são utilizados exclusivamente nesta formulação de massa porcelânica, podendo haver a presença de algum contaminante que ainda não foi detectado nos testes laboratoriais ou, ainda, devido a algum aproveitamento mais extenso da jazida, que de maneira involuntária possa ter incluído algum minério diferenciado nos lotes de extração, causando um efeito sobre a composição da massa que era desconhecido do grupo de trabalho e, portanto, não havia sido testado nem avaliado.

Com uma recente ampliação do parque fabril, a empresa estudada adquiriu alguns equipamentos diferentes do que ela já tinha. Um deles foi o Moinho Modular Contínuo (MMC), que realiza a moagem da massa porcelânica. Apesar de um prévio estudo deste equipamento para entender o seu funcionamento, cada tipo de massa que ele processa pode ter uma característica diferenciada. Suspeitou-se então que ele poderia estar intensificando o defeito por gerar uma distribuição granulométrica mais grosseira da massa, uma vez que ele trabalha com um ciclo bem mais rápido de moagem (cerca de uma hora e trinta minutos), enquanto que o Moinho Tubular Descontínuo (MTD), usado antes dessa aquisição, levava cerca de nove horas de moagem. Esse ciclo mais acelerado de processamento pode estar influenciando no tipo de moagem (sistema por impacto, conhecido como “cascata”), que pode produzir materiais mais grosseiros se comparado ao sistema por atrito, como visto no capítulo 3. Todo esse circuito mais rápido tem o objetivo de aumentar a capacidade de produção, aumentando o volume de massa porcelânica.

Outro ponto que deve ser avaliado é a “Contaminação dos rejeitos”, pois nesse quesito muitos colaboradores operacionais podem ajudar conscientizando-se do descarte seletivo dos materiais inerentes ao processo e, assim, evitar a contaminação de todo o reaproveitamento fabril. Porém, isso acontece devido à reduzida fiscalização pelos gestores, uma vez que não há uma definição de quem é o responsável por cada tipo de descarte fabril, não se podendo efetuar uma rotina de inspeção.

Chegou-se à hipótese “Deficiência no controle de matérias-primas” pelo questionamento do motivo pelo qual os possíveis contaminantes não foram identificados nos ensaios de liberação de matérias-primas para uso industrial. O motivo aparente seria que o ensaio ou a amostra seria pouco representativo devido ao volume de amostragem, e os testes referentes à presença de matéria orgânica ou de algum contaminante são comuns para todas as matérias-primas, sendo esse o método adotado pela empresa estudada, o qual tem sido eficaz.



Retornando à área de equipamentos, discutiu-se sobre a “Aspiração utilizada nos fornos”, ou seja, o volume de ar aspirado dos fornos, que tem o objetivo de retirar o excesso de matéria orgânica proveniente do interior das peças cerâmicas, que pode estar abaixo do necessário, facilitando o aparecimento de contaminação, sendo que a condição atual é o padrão delimitado pelo fabricante dos fornos cerâmicos. Deve-se ter um grande cuidado com esse equipamento, pois, se alguma regulagem for feita de maneira errada, o interior do forno pode exercer pressão nas paredes do mesmo, causando sérios danos.

Um item debatido com grande ênfase foi a “Formulação de massa”, que recentemente teve um ajuste de composição com o intuito de aumentar a resistência mecânica à flexão das peças ao serem transportadas por correias pela linha de esmaltação para evitar trincas e quebras das peças cerâmicas. Isso dificulta a saída de componentes orgânicos da fórmula durante a sua sinterização, porém essa correção da fórmula (desenvolvida pelo setor de Pesquisa e Desenvolvimento da empresa estudada) foi necessária, uma vez que desde o início da utilização do MMC a fábrica estava com problemas de quebra na linha de esmaltação. Essa fórmula para o MMC foi necessária devido à instalação desse novo equipamento que visa atender a nova demanda de produção na unidade avaliada, pois é um moinho que produz um maior volume.

Como a empresa utiliza uma série de reaproveitamentos, comentou-se de ser realizada uma “Avaliação individual dos resíduos na formulação”, como o caco, o chamote (peça cerâmica defeituosa antes de ser sinterizada), a torta industrial e a torta do polimento para serem caracterizados, analisando-se a presença de algum tipo de contaminante que possa interferir no processo fabril e originar o defeito em discussão. Até aquele momento não havia sido definido esse tipo de controle porque esse problema não ocorria durante as produções.

A última hipótese avaliada na ferramenta dos 5 porquês foi a “Contaminação do processo”, que contempla desde o *box* das matérias-primas até as prensas. Algum tipo de contaminante pode surgir durante todo esse circuito devido a alguma falha ou desgaste dos equipamentos utilizados de maneira contínua ou recorrente, e que estão sofrendo a limpeza, inspeção e manutenção de forma inadequada por não haver um procedimento padronizado.

Após uma série de levantamentos sobre hipóteses da origem do problema de contaminação e a busca por chegar às suas verdadeiras causas raízes, o grupo de trabalho determinou as ações que serão praticadas para identificar e eliminar esse defeito do processo fabril.

Para isso, utilizou-se a ferramenta “Plano de Ação” do MASP para organizar a lista de atividades que serão desempenhadas por cada indivíduo do grupo, juntamente com a data prevista para término da ação, conforme mostrado na Figura 5.8.

5 - PLANO DE AÇÃO		(Ações para evitar a recorrência do problema - atacam a causa raiz)		
Nº	Descrição da Ação	Quem	Quando	Status
1	Comparar formulação de massa de Jan/14 com a atual	Daniel	11/ago	OK
2	Envio de amostras com defeito para análise em MEV e Análise Química Pontual	Daniel	12/ago	OK
3	Diminuir temperatura do pré-aquecimento para teste	Cláudio	12/ago	OK
4	Testar o aumento da aspiração nos fornos 23 e 24 para avaliar a incidência de grumos	Cláudio	15/ago	OK
5	Queimar produtos num ciclo de queima mais lento	Daniel	22/ago	OK
6	Verificar distribuição granulométrica do MMCxMTD	Daniel	25/ago	OK
7	Realizar teste diminuindo a abertura das malhas do peneiramento	Wagner	26/ago	OK
8	Realizar moagens diferenciadas nos moinhos descontinuos (MTD) excluindo MP's	Wagner	29/ago	OK
9	Identificar possíveis contaminantes das MP's e realizar simulação	Daniel	29/ago	OK
10	Visitar jazida da matéria-prima Bentonita	Roberto	01/set	OK
11	Padronizar o processo de carregamento e transporte das MP's nas jazidas	Gilberto	01/set	OK
12	Padronizar inspeção nas descargas das MP's nos boxes	Carlos	01/set	OK
13	Definir metodologia de limpeza e inspeção do setor de preparação de massa	Wagner	01/set	OK
14	Definir metodologia e critério nos ensaios das matérias-primas	Daniel	05/set	Pendente
15	Criar controle de matéria orgânica da massa porcelânica	Jorge	05/set	OK
16	Padronizar gestão de resíduos na empresa	Roberto	05/set	OK
17	Testar nova formulação de massa	Daniel	05/set	OK

Figura 5. 8 Plano de ação do estudo de caso do capítulo 5 (Fonte: Autor)

Os comentários sobre as ações são descritos abaixo, de acordo com o número da mesma no Plano de Ação:

1. Como este tipo de contaminação começou a aparecer recentemente no processo fabril em números elevados, avaliou-se a possibilidade da última alteração feita na formulação de massa ter gerado este defeito. Dessa forma, foi feita a avaliação da formulação de trabalho em janeiro de 2014, onde o percentual desse defeito estava bem reduzido em comparação com a situação atual. Notou-se que houve o acréscimo de uma matéria-prima, a Bentonita, tendo como objetivo aumentar a resistência mecânica das peças cerâmicas na linha de esmaltação, além de uma redistribuição do percentual das demais matérias-primas argilosas e rochosas, resultando em um aumento de 3% na quantidade de argilas plásticas naquela formulação no somatório geral. Isso facilita a presença de matéria orgânica nas peças, podendo estar causando a contaminação.

2. Apesar de algumas suspeitas dos participantes do MASP em relação à origem do defeito em estudo, visando identificar efetivamente a causa deste tipo de contaminação, a qual apareceu de maneira repentina nesta unidade de produção, foram encaminhadas algumas amostras retiradas dos produtos com defeito e levadas para análise no Microscópio Óptico e no MEV (Microscópio Eletrônico de Varredura), além de uma análise química pontual feita nos laboratórios do SENAI – SC. Como pode ser visto na Figura 5.9, mediante o microscópio óptico, a característica do defeito tende a apresentar o material negro no interior das peças, gerando uma leve saliência na superfície. Já nas Figuras 5.10, 5.11 e 5.12, pode-se avaliar a micrografia do defeito mediante o MEV juntamente com a análise química pontual do mesmo para identificar quais elementos químicos estão presentes nesta contaminação e, assim, poder rastrear a fonte do problema.

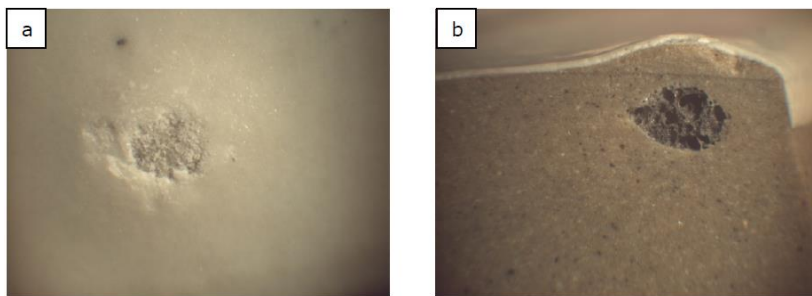


Figura 5. 9 Análise do defeito no microscópio óptico. (A) Vista superior da amostra com 25,6x de aumento. (B) Corte transversal da amostra com 25,6x de aumento (Fonte: Autor)

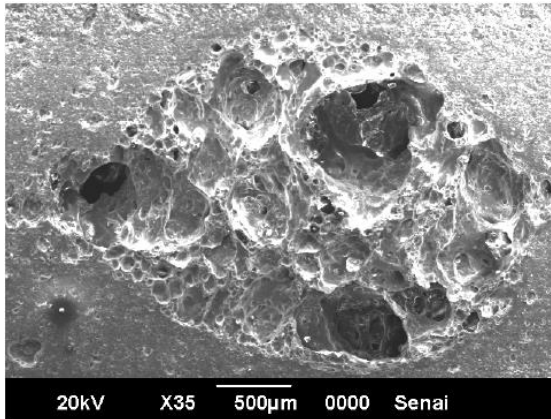


Figura 5. 10 Micrografia da amostra com defeito obtida por MEV com 35x de aumento (Fonte: Autor)

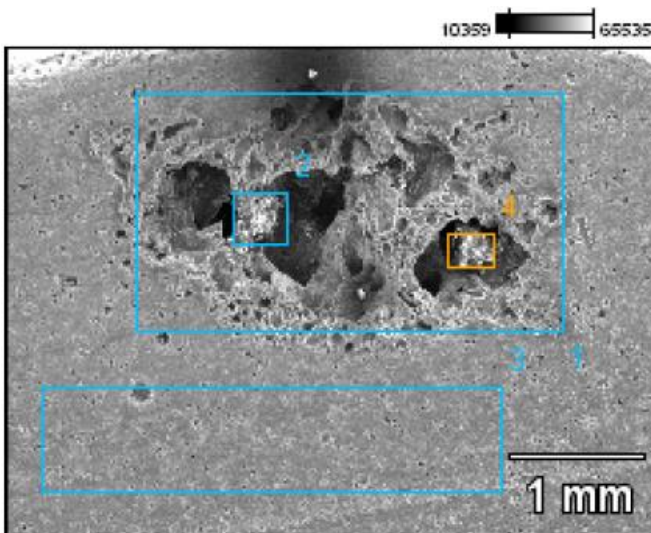


Figura 5. 11 Micrografia da amostra com defeito para análise química pontual do defeito (Fonte: Autor)

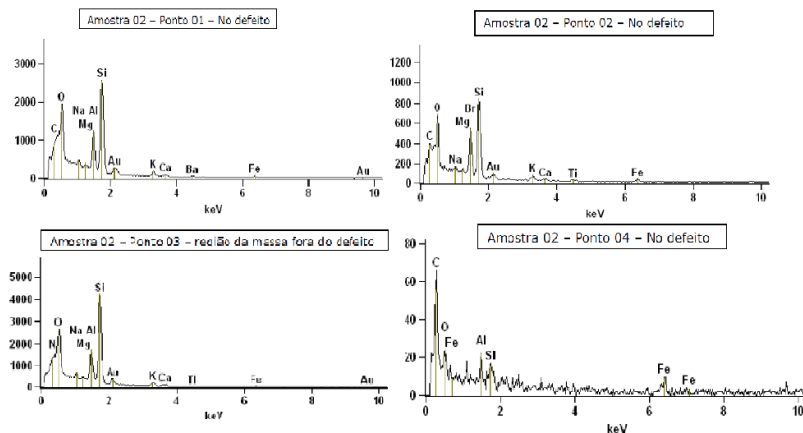


Figura 5. 12 Gráficos de análise química pontual do defeito. Pontos 1, 2 e 4 localizam-se no interior do defeito, enquanto o Ponto 3 localiza-se externamente ao defeito (Fonte: Autor).

Avaliando os gráficos, pode-se verificar na análise química obtida na amostra do ponto 3, que se localiza fora do defeito, a presença de elementos químicos oriundos da própria massa porcelânica como silício, sódio, cálcio, potássio, entre outros. Enquanto que nos pontos 1, 2 e 4 são análises na região do defeito e, dessa forma, podem-se confrontar quais elementos químicos diferentes estão ali presentes. Nota-se que o carbono está presente em todos os pontos avaliados e, por isso, há a suspeita do defeito estar relacionado com a presença de matéria orgânica no interior dos revestimentos cerâmicos. Também podem ser citados os elementos bromo e ferro na região da contaminação, que diferem da região livre do defeito.

3. Durante o processo de queima dos revestimentos cerâmicos, existem muitas transformações químicas e físicas que ocorrem nas peças com o intuito de fornecer a característica final dos mesmos. Nesse processo, a etapa chamada de pré-aquecimento dos fornos cerâmicos tem um aumento de temperatura gradual até chegar à zona de queima, onde se tem a região de máxima temperatura. Porém, durante o pré-aquecimento ocorre a eliminação de matéria orgânica presente no interior das peças, isso se os parâmetros do equipamento estiverem bem regulados e forem eficazes. Com isso, verificou-se que a temperatura do

pré-aquecimento poderia estar acima do desejado, o que provocaria o selamento dos esmaltes cerâmicos que estão sobre a superfície das peças antes da eliminação do conteúdo orgânico dos revestimentos, dificultando este processo. Dessa forma, foi realizado um teste nos fornos reduzindo a temperatura em cerca de 30°C em vários queimadores, e trabalhou-se assim por 24 horas. Infelizmente esse teste não surtiu o efeito desejado, uma vez que o defeito continuou com percentuais altos, na faixa de 10% nesse dia de avaliação.

4. Outra ação considerada para eliminar a presença de matéria orgânica no interior das peças foi aumentar a aspiração de ar dentro dos fornos em cerca de 30% acima do valor de trabalho, sendo este o limite máximo que o forno pode suportar sem causar danos ao equipamento. Esta condição de trabalho foi realizada por um período de 24 horas em dois fornos cerâmicos, porém o percentual de contaminação permaneceu elevado.
5. Outro item relacionado à sinterização das peças cerâmicas é o ciclo de queima dos fornos, cujo tempo de processo foi reduzido nos últimos meses com o intuito de aumentar a produtividade da empresa. Isso leva a uma aceleração da queima, podendo contribuir para selar as peças de maneira mais rápida. Entretanto, isso possibilita o aparecimento de matéria orgânica e, conseqüentemente, uma possível contaminação. Nesse sentido, foi realizado um teste por 24 horas aumentando o tempo de queima de um forno de 48 para 53 minutos. Mais uma vez, o efeito esperado não foi atingido, e o percentual de defeito foi de cerca de 9% durante o teste.
6. Como já comentado, o MMC foi instalado há pouco tempo na empresa estudada, e suspeitou-se que o tipo de moagem pudesse estar gerando uma distribuição granulométrica da barbotina mais grosseira que o MTD utilizado exclusivamente antes dessa aquisição. Sabe-se que apesar de uma mesma formulação de massa, pode haver tamanhos de partículas diferenciadas da barbotina se forem utilizados moinhos diferentes, com revestimentos internos dos moinhos de materiais distintos, com elementos moedores de tamanhos e composições desiguais, dentre muitos outros parâmetros. Nesse contexto, foram coletadas as barbotinas resultantes dos dois processos de moagem e encaminhadas ao laboratório para avaliação no equipamento Analisador do Tamanho de Partículas por Difração a Laser LS13320, da marca Beckman

Coulter. O resultado dessa análise pode ser visto na Figura 5.13, onde foi evidenciado que a barbotina do MMC tem tamanho de partícula menor do que o MTD, pois a curva de distribuição está deslocada mais à esquerda do gráfico, ao contrário do que era esperado para este tipo de moagem. Isso mostrou que a inserção desse tipo de moagem não influenciou negativamente no aparecimento desta contaminação, pelo menos não no sentido de gerar partículas maiores que o antigo processo de moagem. Além de ser mais rápida, a moagem nos moinhos contínuos apresenta uma melhor eficiência de moagem, fragmentando muito mais as matérias-primas.

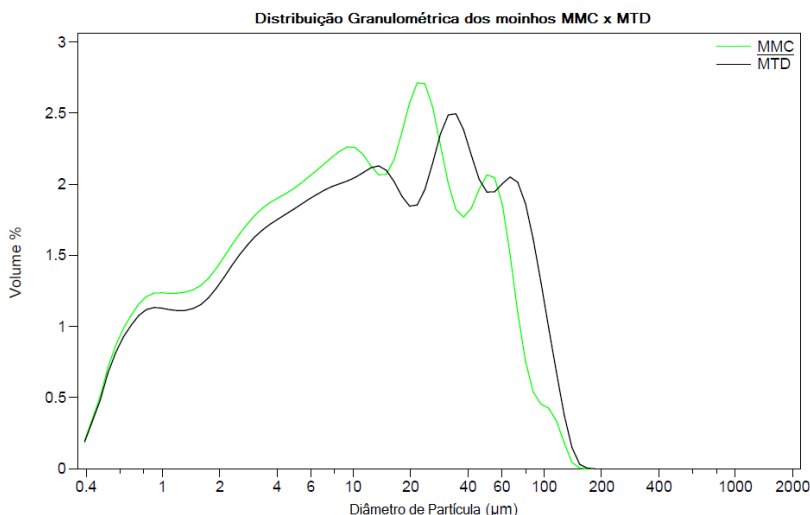


Figura 5. 13 Distribuição granulométrica dos moinhos MMC x MTD (Fonte: Autor)

7. Ainda considerando que os tamanhos das partículas pudessem estar gerando algum tipo de defeito nos revestimentos cerâmicos, foi reduzida ainda mais a abertura das peneiras utilizadas no peneiramento da barbotina, uma vez que já havia sido diminuída a malha das peneiras como uma medida de bloqueio de 0,202mm para 0,177mm. Nesta ação, reduziu-se a abertura para 0,157mm e o processamento seguiu por uma semana. Notou-se que o descarte das peneiras aumentou significativamente, levando a um maior desperdício de

barbotina. Além disso, infelizmente não se notou uma melhora na classificação dos produtos, havendo uma variação da contaminação de 7% a 15% de perda de qualidade no período avaliado. Dessa forma, voltou-se a trabalhar com a abertura da malha em 0,177 mm.

8. Partindo do princípio que a contaminação pudesse estar presente em alguma das 12 matérias-primas contidas na formulação de massa, moeu-se 12 cargas no MTD, sendo que em cada uma das moagens excluiu-se uma matéria-prima da formulação e, posteriormente, cada material foi atomizado e separado. Cada teste foi avaliado separadamente durante o processo de prensagem e queima para avaliar a incidência de contaminação comparada à massa completa. Porém, não se chegou a uma conclusão relevante dos testes, pois o defeito esteve presente em todas as moagens de testes e também na formulação padrão com todas as matérias-primas.
9. Concomitante ao teste em produção citado na ação 8, foi realizado no laboratório de pesquisa e desenvolvimento da empresa estudada uma análise detalhada de cada matéria-prima, buscando-se identificar possíveis contaminantes em todas as matérias-primas e fazendo a simulação em escala laboratorial dos mesmos. O procedimento adotado foi o seguinte: (a) foi feita a secagem das matérias-primas para retirar o excesso de umidade; (b) foi realizada a inspeção visual de possíveis contaminantes presentes em cada matéria-prima, separando-os; (c) foi feita a compactação desses materiais segregados em amostras laboratoriais simulando o que poderia ocorrer em produção; (d) foi feita a esmaltação e queima das amostras nos fornos; (e) foi feita a avaliação se ocorreu ou não o aparecimento da pequena protuberância superficial nas peças semelhante aos produtos. Caso tenha ocorrido algum defeito semelhante, faz-se um corte da amostra e registra-se a análise da seção transversal no microscópio óptico. Dentre todas as amostras avaliadas, houve um material que chamou mais a atenção devida à sua semelhança com o defeito industrial. Como pode ser visto na Figura 5.14, a Bentonita apresentou um tipo de contaminante que tinha certa similaridade com a falha retratada nas produções no aspecto superficial e também no interior da amostra.





Figura 5. 14 Análise da matéria-prima Bentonita: (a) possível material contaminante presente na Bentonita; (b) amostra laboratorial simulando o defeito; (c) análise no microscópio óptico da seção transversal da amostra, aumento de 32x (Fonte: Autor)

10. Com base nos resultados obtidos na caracterização das matérias-primas, visitou-se a jazida correspondente à Bentonita utilizada na formulação da massa para buscar identificar algum problema que pudesse originar tais defeitos simulados. Verificou-se que todas as bancadas de extração (método de lavra a céu aberto de um minério formando uma série de camadas horizontais empilhadas próximas à superfície) que estavam sendo extraídas no momento da visita continham traços negros de materiais semelhantes aos simulados na empresa, como mostrado na Figura 5.15. Dessa forma, observou-se que não se tratava de um contaminante presente na matéria-prima, e sim de uma característica da mesma, pois toda a sua formação continha esses traços.



Figura 5. 15 Análise de materiais coletados nas jazidas. (a) Bancada intermediária de extração com material mais friável, ou seja, de fácil fragmentação; (b) Bancada superior de extração com aspecto de madeira fossilizada e; (c) Bancada de extração com material duro (Fonte: Autor).

11. Notou-se que o procedimento de carregamento e transporte das matérias-primas nas jazidas ocorria de maneira pouco controlada no que diz respeito à organização e limpeza de todos os elementos que compunham este processo. Nesse contexto, foi elaborado um procedimento formal pela empresa estudada, onde posteriormente foi registrado como documento interno da mesma e anexado ao contrato de prestação de serviços, que transmitia aos seus terceiros a maneira padronizada de extração, carregamento, formação do lote e transporte das matérias-primas, buscando minimizar a possibilidade de contaminação. Conforme esse documento, todos os equipamentos como retroescavadeiras, pás carregadeiras, caçambas de caminhões, tratores, dentre outros, devem ser vistoriados antes de iniciar o trabalho de carregamento e transporte das matérias-primas tentando identificar a presença de contaminantes como óleos, graxas, carvão mineral, piche, etc.. Se houver alguma impureza os mesmos devem ser encaminhados para a rampa de lavagem para eliminação desse material. Para certificar que esses procedimentos estavam sendo realizados corretamente pelos fornecedores foram feitas diversas auditorias nas jazidas. Esse tipo de contrato tornou-se padrão toda vez que se alterava os transportadores, ou quando novos parceiros eram contratados.
12. Além de atuar nas jazidas, a empresa estudada também verificou como estava o descarregamento das matérias-primas nos seus *boxes*. Para isso, a empresa conscientizou e treinou os operadores que ali trabalhavam para observar a presença de madeiras, ferros, plásticos ou qualquer outro material estranho ao minério toda vez que era descarregado, após os caminhões bascularem a matéria-prima. Dessa forma, buscava-se garantir que não haveria ou então seriam minimizados os contaminantes presentes no transporte.
13. Como os equipamentos utilizados no setor de preparação de massa e de toda a fábrica podem sofrer avarias e desgastes, e neste setor é difícil serem mantidos limpos devido ao processo ser muito rudimentar, foram definidos com as equipes de preparação de massa e de manutenção alguns itens para serem inseridos no plano de manutenção anual, controlado por um software. Esse software dá início à necessidade de limpeza e/ou inspeção detalhada em algum local que pode gerar algum tipo de contaminação com uma periodicidade pré-determinada. Como exemplo de locais a serem verificados tem-se: as correias

transportadoras, os desviadores das correias feitos de borracha, o interior dos moinhos de massa, as bombas que alimentam os atomizadores com a barbotina e os silos de armazenagem de pó atomizado. Com isso, poder-se-ia garantir uma rotina de inspeção com o objetivo de verificar esses itens avaliados antes que ocorresse algum imprevisto.

14. Buscou-se delimitar o reconhecimento de possíveis contaminantes nas matérias-primas no momento da liberação e caracterização das mesmas em escala laboratorial antes que cada lote novo fosse colocado no processo fabril. Diversos testes já são realizados de maneira padronizada, incluindo o teste para verificação da presença de matéria orgânica. Porém, eles são feitos em pequenas amostras de material se comparado ao volume utilizado de cada matéria-prima. Ainda não se conseguiu realizar testes eficazes e rápidos buscando encontrar os possíveis contaminantes, sendo que aquele aplicado na Bentonita levou um tempo relativamente alto para ser realizado, e não seria viável a sua implantação para todas as matérias-primas utilizadas na empresa estudada.
15. Visto que na ação anterior o controle da presença de matéria orgânica nas matérias-primas é feito de maneira sistematizada, notou-se que era possível criar este tipo de controle também na massa porcelânica. Este controle foi feito coletando em torno de 20 Kg de pó atomizado da massa porcelânica utilizada e caracterizada como material padrão e, posteriormente, dia-a-dia comparava-se a massa diária com essa massa padrão. Os dois pós atomizados eram prensados em amostras laboratoriais de 40 gramas com aproximadamente 400 kgf/mm<sup>2</sup> e, em seguida, sinterizados nos fornos cerâmicos. Após sua queima, as amostras eram cortadas pela metade em seções transversais para identificar a presença de matéria orgânica. Assim, se implantou esse controle, podendo-se analisar diariamente as flutuações desse conteúdo orgânico em meio à massa porcelânica, conforme a Figura 5.16.

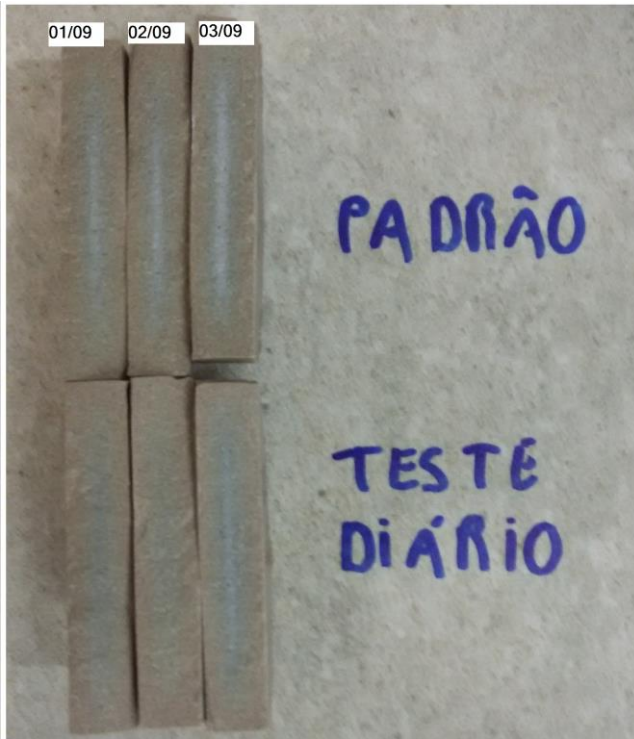


Figura 5. 16 Exemplos de amostras do controle diário de matéria orgânica durante três dias: massa padrão x massa do teste diário (Fonte: Autor)

16. A empresa analisada gera uma série de resíduos industriais no seu processo, e surgiram muitas dúvidas de como esses materiais estavam sendo considerados no reprocessamento. Para isso, nesta ação considerou-se como padronizar e organizar a gestão de resíduos nesta fábrica evitando uma possível contaminação. Um dos pontos abordados foi que o caco utilizado como ingrediente da formulação de massa fosse transportado para outro local, deixando-o mais distante de possíveis misturas com cacos de monoporosas (outra tipologia cerâmica), e também mais afastada de cinzas provenientes de outros processos internos. Outra questão debatida foi que para evitar a contaminação dos rejeitos industriais, sejam nos *boxes* de matérias-primas, tanques de decantação ou no próprio descarte fabril, era necessário um treinamento operacional

visando uma conscientização de todos os envolvidos no processo. Isso foi realizado pelos gestores da unidade fabril, e cada um deles ficou responsável por realizar uma inspeção de rotina em cada tipo de descarte fabril, garantindo o andamento desta ação. Além disso, foi feita a caracterização da água tratada e da torta do polimento inserida de maneira experimental dentro da formulação de massa e também individualmente. Ambas não apresentaram defeitos relacionados à contaminação nos revestimentos cerâmicos, porém, mesmo assim, essa torta de polimento está sendo segregada em um lugar distante das demais matérias-primas.

17. Como muitas evidências apontavam para a matéria-prima Bentonita, decidiu-se realizar um teste com uma nova formulação de massa porcelânica retirando este material. Houve apenas um rebalanceamento da fórmula com as demais matérias-primas, não sendo necessário o acréscimo de outro item. Desde que esta nova fórmula entrou em produção atrelada às demais ações em andamento, notou-se uma melhora significativa da qualidade da unidade de produção, com uma variação do percentual deste defeito entre 1% e 5%, e a resistência mecânica das peças na linha de esmaltação não reduziu como se imaginava após a retirada deste material, que contribui significativamente para a plasticidade e compactação das peças cerâmicas.

Com a maioria das ações implementadas, pode-se verificar que as mesmas surtiram o efeito desejado sobre os produtos, pois houve uma melhora na qualidade, diminuindo o percentual de desclassificação por contaminação de 14,81% no mês de julho para aproximadamente 4% nos meses de setembro e outubro, reduzindo em torno de 70% esta incidência de falha. Como apenas esta unidade de fabricação estava sofrendo com este tipo de defeito, as atividades aplicadas neste MASP não têm necessidade de serem replicadas nas demais unidades, porém o conhecimento adquirido foi de extrema valia para todos os envolvidos.

Para padronizar uma das ações listadas foi criado um documento para carregamento e transporte das matérias-primas nas jazidas até a empresa, sendo que este foi repassado e inserido nos contratos com as transportadoras e demais fornecedores que fazem esse traslado para garantir que essa ação seja realizada, conforme mostrado na Figura 5.17.

6 - VERIFICAÇÃO DE RESULTADOS		7 - AÇÕES PREVENTIVAS	
Relatar a eficácia das ações, comparando ao resultado esperado.		Padronização e replicação das ações para prevenir a recorrência do problema. Deve-se relacionar os documentos existentes caso necessite a revisão, também relacionar a necessidade de novos documentos.	
Todas as ações foram implementadas? ( ) Sim (X) Não			
Os resultados esperados foram alcançados? Sim, pois se conseguiu reduzir o percentual de desclassificação do produto pelo defeito de contaminação para aproximadamente 4% nos meses de Setembro e Outubro, reduzindo em torno de 70%.			
Existem Processos semelhantes onde as ações podem ser replicadas? Não			
Onde pode ser replicada a ação? Não aplicado			
<b>8 - ENCERRAMENTO</b>		Considerações finais do solução de problema e aprovação do superior.	
Considerações: Após uma série de atividades na busca pela identificação e solução do defeito, verificou-se que o índice de contaminação diminui nos patamares requeridos no início do MASP, melhorando a qualidade dos produtos. Porém, sabe-se que ainda este índices podem ser melhorados até eliminar por completo este defeito da produção.			
Data Encerramento 03/11/15	Aprovação do superior imediato Piva	Data Aprovação 03/11/15	Seguir fluxograma de armazenamento e registro do MASP

Figura 5. 17 Verificação dos resultados, ações preventivas e encerramento do estudo de caso do capítulo 5 (Fonte: Autor)

Como considerações finais, pode-se afirmar que o resultado alcançado chegou ao objetivo traçado no início do MASP após dois meses. Porém antes da aplicação desta metodologia, já se buscava a solução para o problema, totalizando aproximadamente cinco meses de trabalho. Entretanto, como não foi totalmente eliminado o defeito da contaminação, pode haver alguma outra causa que não foi combatida de maneira eficaz neste trabalho.

Outro ponto que vale destacar é que não houve uma causa única deste defeito e sim uma contribuição de diversos detalhes do processo. Enumerando algumas ações que contribuíram para minimizar a contaminação pode-se dizer que a retirada da matéria-prima Bentonita presente na fórmula, padronização do carregamento e transporte de matérias-primas, além da limpeza e organização no setor de preparação de massa, foram as principais ações que trouxeram esta melhoria, pois todas atuaram reduzindo a presença de matéria orgânica no interior dos revestimentos cerâmicos.

Pode-se verificar também na Figura 5.18, a evolução do trabalho, diminuindo consideravelmente o percentual de contaminação na unidade estudada ao longo do ano.

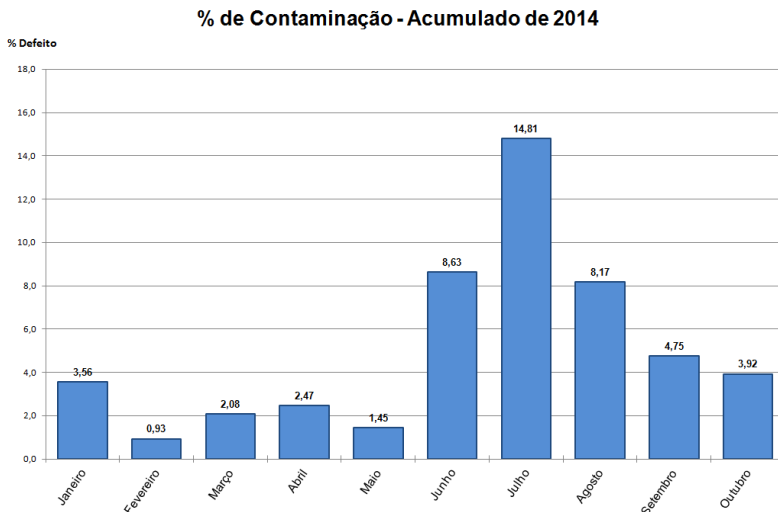


Figura 5. 18 Percentagem de contaminação acumulada de 2014 (Fonte: Autor)

Na finalização do MASP foi preenchida a data de encerramento e coletada a assinatura do gestor da área atuada e, posteriormente encaminhado o trabalho para a área de Sistema de Gestão da Qualidade para arquivar o documento que poderá servir de consulta em futuros trabalhos.

## 6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Com o presente trabalho, que descreve a aplicação da ferramenta MASP em uma empresa do setor de revestimentos cerâmicos, buscou-se evidenciar a importância e as possíveis contribuições que o método utilizado pode trazer para a solução de problemas industriais.

### 6.1 Conclusões

Ao término do trabalho avaliou-se que a ferramenta MASP pode ser amplamente utilizada no setor de revestimentos cerâmicos, onde a mesma não é tão difundida e referenciada na literatura. Em dois estudos de caso que tinham o seu tema principal bem distantes um do outro, notou-se que se pode fazer um trabalho bem estruturado aplicando-se esta metodologia, desde que a mesma seja apresentada de maneira clara e objetiva a todos os participantes do grupo de trabalho.

No primeiro estudo de caso a quantidade gerada de SKUs estava em níveis indesejados pela empresa estudada, principalmente em uma linha específica de produtos da tipologia porcelanato esmaltado. Esse número era agravado devido à abertura de tonalidades dessa linha de produtos de maneira descontrolada. Com a equipe de trabalho montada integrando os participantes das mais diversas áreas pertinentes ao problema, podem-se debater muitas hipóteses da origem desta dificuldade e, assim, estabelecer uma série de atividades que contribuiriam para suavizar este problema. Dessa forma, chegou-se a números muito satisfatórios neste estudo de caso, onde se reduziu em 90% a abertura de tonalidades nesta linha de produtos, diminuindo a média de 5,3 tonalidades por dia antes de iniciar o trabalho para 0,56 tonalidades por dia ao finalizar o MASP, gerando um volume médio de 5.740,49 m<sup>2</sup>/SKU. Com esse resultado, a área comercial da empresa pode realizar vendas com maiores metragens que garantiram uma maior satisfação aos clientes.

O segundo estudo de caso correspondeu a um defeito na superfície dos revestimentos cerâmicos que estava interferindo significativamente na qualidade dos produtos, causando perdas em torno de 14% no mês que antecedeu o estudo usando-se o MASP. Buscou-se entender qual era a origem desta falha, visto que ela era semelhante a outros tipos de defeito. Para isso foram feitas diversas análises de microscopia ótica e eletrônica de varredura, além de análises químicas pontuais do defeito, tanto em um instituto de pesquisa como no laboratório de pesquisa e desenvolvimento da empresa estudada,



aumentando o acervo a respeito de possíveis defeitos provenientes do processo industrial, visando identificar que esta contaminação se tratava da presença de matéria orgânica no interior da peça cerâmica que não era volatilizada durante o processo de sinterização e ficava selada no interior dos revestimentos cerâmicos, originando uma sobressaliência na superfície das peças devido esta falta de desgaseificação.

Observou-se que muitas ações foram voltadas à limpeza, manutenções e padronizações de alguns processos, como o de carregamento, transporte e descarregamento das matérias-primas. Porém, identificou-se que a matéria-prima Bentonita originava um defeito semelhante ao obtido nos produtos. Com isso, houve uma reformulação da composição da massa porcelânica, retirando este material e rebalanceando a fórmula. Após a entrada desta nova composição, pode-se avaliar que houve uma melhora significativa deste defeito, reduzindo-o em 70%, correspondendo após a aplicação do MASP a um percentual de perda de qualidade em torno de 4%.

Com os dois estudos de caso apresentados, verificou-se a importância da aplicação do Método de Análise e Solução de Problemas no setor de revestimentos cerâmicos, uma vez que ele contribuiu para minimizar os problemas ocorridos durante as produções.

## **6.2 Trabalhos Futuros**

Como trabalhos futuros relacionados ao MASP sobre a minimização da geração de tonalidades e SKUs, pode-se citar uma alteração no veículo serigráfico para melhorar o descarregamento das tintas serigráficas, que ficou pendente neste trabalho. Além disso, em futuros trabalhos é importante buscar a diminuição da camada de aplicação de esmaltes sobre os revestimentos cerâmicos, pois com os ganhos obtidos em outras atividades do trabalho talvez essa ação possa ser revista.

Com relação à aplicação do MASP na solução de problemas de contaminação, podem-se desenvolver métodos de controle e liberação de matérias-primas que contemplem a verificação de contaminantes de origem orgânica presentes nos materiais de uma forma que seja rápida e eficaz, podendo ser sistematizada nos trâmites técnicos de uma empresa deste setor.

Outro ponto que pode ser desenvolvimento em futuros trabalhos é a inserção de mais ferramentas da qualidade no sistema de gestão de empresas do setor de revestimentos cerâmicos, difundindo conceitos como a manufatura enxuta e o Seis Sigma, pois se notou um ganho

significativo não somente nos estudos de caso citados neste trabalho, mas também em outros elaborados nas demais unidades de produção da empresa estudada.

## 7 REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.  
**NBR ISO 9000: 2005 – Sistemas de Gestão da Qualidade – Fundamentos e Vocabulário.** Válida a partir de 30/01/2006.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.  
**NBR 13817:1997 – Placas Cerâmicas para Revestimento – Classificação.** Baseada na ISO 13006:1995. Válida a partir de 30/05/1997.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.  
**NBR 15463:2013 – Placas Cerâmicas para Revestimento – Porcelanato.** Válida a partir de 03/10/2013.
- AMORÓS, J. L.; BELTRÁN V.; BLASCO A.; NAVARRO, J. E.; ESCARDINO A.; NEGRE F. **Defectos de Fabricación de Pavimentos y Revestimientos Cerámicos.** Instituto de Tecnología Cerámica – Universitat de València. Valência – Espanha, 1991.
- ANFACER – Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos, Louças Sanitárias e Congêneres. Disponível em  
<<http://www.anfacer.org.br/site/default.aspx?idConteudo=159&n=Brasil>>. Acesso em 16/03/2015.
- ARNOLD, J. R. T. **Administração de materiais: uma introdução.** São Paulo: Atlas, 1999.
- ASQ. **American Society for Quality.** Disponível em  
<<http://asq.org/learn-about-quality/eight-disciplines-8d/index.html>>. Acesso em 13/08/2015.
- BAUER, J. E.; DUFFY, G. L.; WESTCOTT, R. T. **The quality improvement handbook.** EUA: ASQ, 2002.
- CAMPOS, V. F. **Controle de qualidade total (no estilo japonês).** Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Belo Horizonte, 1996.
- CHIAVENATO, I. **Iniciação à administração dos materiais.** São Paulo: Makron, 1991.

- COELHO, J. M. **A importância das matérias-primas minerais na competitividade do segmento de revestimentos cerâmicos.** Tese (Mestrado em Geociências), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.
- COIMBRA, M. M. **Aplicação da Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial (FMEA) para Avaliação de Significância de Aspectos e Impactos Ambientais na Indústria Cerâmica.** Tese (Mestrado em Geociências) – Departamento de Administração Política de Recursos Minerais, Universidade de Campinas, Campinas – SP, Brasil, 2003.
- CORTADA, A. C. H. **Implantação de um Sistema de Gestão da Qualidade através do MASP.** Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Estadual de Campinas – SP, 2005.
- COSTA, F. F.; BOSCHI, A. O. **Efeito da Densidade e Viscosidade da Tinta sobre a Variação de Tonalidade em Decoração por Serigrafia.** Revista Cerâmica Industrial, Julho/Agosto de 2004.
- CROSBY, P. B. **Quality is Free.** New York: McGraw-Hill, 1979.
- DEMING, W. E. **Out of the Crisis.** 2<sup>nd</sup> edition, Cambridge, MIT Press, 2002.
- FEIGENBAUM, A. V. **Controle da Qualidade Total.** V.1. São Paulo: Makron Books, 1994.
- FERRARI, R. **Manuale della Macinazione con Mulini a Tamburo Rotante.** Faenza Editrice S.p.A, Itália, 1985.
- GHOSH, M.; SOBEK, D. **Effective metaroutines for organizational problem solving.** Mechanical and Industrial Engineering Department, Bozeman, 2002. Disponível em <[http://www.coe.montana.edu/ie/faculty/sobek/ioc\\_grant/Metaroutines\\_workingpaper.pdf](http://www.coe.montana.edu/ie/faculty/sobek/ioc_grant/Metaroutines_workingpaper.pdf)> Acesso em 12/08/2015.
- HELMAN, H.; ANDERY, P. R. P. **Análise de Falhas (Aplicação dos métodos de FMEA e FTA).** Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, MG, 1995.

- ISHIKAWA, K. **What is Total Quality Control? The Japanese way**, Prentice-Hall, 1985.
- JIMMERSON, C.; WEBER, D.; SOBEK, D. K. **Reducing waste and errors: piloting Lean Principles at IHC**. Joint Commission Journal on Quality and Safety. Jun/2004.
- JURAN, J. M. *Jurans Quality Handbook*, 5<sup>th</sup> edition. New York: McGraw-Hill, 1999.
- LUCENA, F.; LUCENA & FILHO, S. C. **Suprimento externo: uma abordagem técnica das práticas empresariais**. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 2002.
- MARTÍN, F. L. **Processos Produtivos em Revestimentos Cerâmicos: Variáveis de Processo e Possíveis Causas de Defeitos**. Revista Cerâmica Industrial Setembro/Dezembro de 2004.
- MATTOS, R. **Análise Crítica de uma Metodologia de Solução de Problemas na Prestação de Serviços: Uma Aplicação Prática do MASP**. Tese (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis – SC, 1998.
- MENEZES, F. M. **Apostila MASP – Método de Análise e Solução de Problemas. Elaborado por Produttore Tecnologia e Soluções para Gestão, 2013.** Disponível em [http://www.abdi.com.br/Acao%20Documento%20Legislacao/Apostila%20MASP\\_PORTUGU%C3%8AS.pdf](http://www.abdi.com.br/Acao%20Documento%20Legislacao/Apostila%20MASP_PORTUGU%C3%8AS.pdf). Acesso em 12/05/2015.
- MYSZEWSKI, J. M. On Improvement Story by 5 Whys. The TQM Journal, Vol. 25 Iss 4 pp. 371-383. Ano 2013. Disponível em <<http://www.emeraldinsight.com/doi/pdfplus/10.1108/17542731311314863>>. Acesso em 08/05/2015.
- NORTON, F.H. **Introdução à tecnologia cerâmica**. Tradução por Jefferson Vieira de Souza. São Paulo, Edgard Bliicher, EDUSP. 1973.

- OLIVEIRA, A.P.N.; HOTZA, D. **Tecnologia de fabricação de revestimentos cerâmicos**. Editora da UFSC, Florianópolis – SC, 2011.
- PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K. **Projeto na Engenharia: Fundamentos do Desenvolvimento Eficaz de Produtos, Métodos e Aplicações**. Editora Edgard Blücher. São Paulo-SP. 2005.
- PARENZA, R. O. **Análise da implementação da de uma ferramenta de solução de problemas: o caso de um indústria de auto-peças a partir de um modelo teórico**. Tese (Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS, 2004.
- PEREZ-WILSON, M. **Seis Sigma**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2000.
- PIMENTEL, E. W.; MELO, J. F. M.; OLIVEIRA, J. N.; **Planejamento e Controle da Produção e a Gestão de Estoques – um Estudo de Caso em uma Metalúrgica Paraibana**. Qualit@s - Revista Eletrônica - ISSN 1677- 4280 - Volume 4 – 2005.
- RAUSAND, M.; OIEN, K. **The basic concepts of failure analysis. Reliability Engineering and System Safety**, 1996.
- RIBEIRO, M. J. P. M.; ABRANTES, J. C. C. Moagem em Moinho de Bolas: Estudo de Algumas Variáveis e Otimização Energética do Processo. Revista Cerâmica Industrial. Março/Abril de 2001.
- RIBEIRO NETO, A. F. Aplicação do método de análise e solução de problemas – MASP. Especialize Revista Online, Janeiro de 2013.
- ROSA, C. C.; NONI JÚNIOR, A. **Estudos dos Fatores Intervenientes na Redução de Defeitos de Fissura em Superfícies Esmaltadas**. Revista Cerâmica Industrial. Maio/Junho de 2013.
- ROSSATO, I. F. **Uma metodologia para análise e solução de problemas**. Tese (Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina – SC, 1996.

- SACMI-IMOLA, Técnicos do Centro Experimental. **Defeitos de Revestimentos Cerâmicos como uma Consequência Errada no Forno.** Revista Cerâmica Industrial, Janeiro/Abril de 1997.
- SILVA, J. R. R.; PORTELLA, K. F. **Caracterização Físico-Química de Massas Cerâmicas e suas Influências na Propriedades Finais de Revestimentos Cerâmicos.** Revista Cerâmica Industrial, Edição Setembro/Dezembro de 2005.
- SLACK, N.; CHAMBERS S.; JOHNSTON R. **Administração da Produção.** Traduzido por CORRÊA, H. L. 3 Edição, Editora Atlas. São Paulo – SP, 2009.
- SOBEK, D. K.; JIMMERSON, C. **A3 Reports: tool for process improvement. 2005** Disponível em <<http://www.lean.org>> Acesso em 12/08/2015.
- SPEAR, S.; BOWEN, H. K. **Decodificando o DNA do Sistema Toyota de Produção.** Harvard Business Review, setembro/outubro de 1999.
- SUGIURA, T.; YAMADA, Y. **The QC Storyline: A guide to solving problems and communicating the results.** Asian Productivity Organization, 1995.
- TAGUE, N. **Seven Basic Quality Tools. The Quality toolbox.** Milwaukee, Wisconsin: American Society for Quality, 2004.
- TERNER, G. L. K. **Avaliação da Aplicação dos Métodos de Análise e Solução de Problemas em uma Empresa Metal-Mecânica.** Tese (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre – RS, 2008.
- TSAROUHAS, P. H., ARAMPATZAKI, D. **Application of Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) of a Ceramic Tiles Manufacturing Plant.** Department of Logistics, Alexander Technological Educational Institute of Thessaloniki, Branch of Katerini, Greece, 2010.
- TUBINO, D. F. **Manual de Planejamento e controle da produção.** São Paulo: Atlas, 1997.